

**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL ESTUDIO DE LA
NATURALEZA DE LA LUZ USANDO REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA**

PRESENTADO POR:

DIEGO ALEXANDER GARCÍA FERNÁNDEZ

LIC. ELECTRÓNICA

2010203023

DAVID LEONARDO PATIÑO AGUILAR

LIC. ELECTRÓNICA

2011103048

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

LICENCIATURA EN ELECTRÓNICA

BOGOTÁ


2017

A nuestros padres por todo el apoyo brindado durante estos años, al profesor Diego Rivera por sus aportes al desarrollo de este proyecto y a todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a nuestra formación.

“Somos polvo de estrellas que piensa acerca de las estrellas. Somos el medio para que el Cosmos se conozca a sí mismo”. Carl Sagan


Resumen

El presente trabajo da cuenta del proceso de diseño e implementación en un motor de videojuegos de una herramienta de apoyo para el estudio de la naturaleza de la luz, usando realidad virtual inmersiva, llamada “Spotligh VR”. En la cual, se muestra de forma interactiva algunos acontecimientos y personajes importantes en la historia, haciendo énfasis en experimentos que permitieron demostrar algunos fenómenos y que constituyeron un aporte valioso a ese campo de la física. Se desarrollaron escenarios en los que el usuario podrá interactuar con algunos objetos o eventos, guiado y orientado con material audiovisual, brindando de esta manera una alternativa para abordar dichos contenidos en un espacio educativo. El documento muestra el por qué se realizó la aplicación, cómo funciona, su proceso de desarrollo y los resultados que se obtuvieron.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>— SERVICIO DE PEDAGOGÍA —</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 111	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA DE APOYO PARA EL ESTUDIO DE LA NATURALEZA DE LA LUZ USANDO REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA
Autor(es)	García Fernández, Diego Alexander; Patiño Aguilar, David Leonardo
Director	Rivera, Diego
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 99p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	REALIDAD, VIRTUAL, VR, SPOTLIGHT, HERRAMIENTA, APOYO, LUZ, HISTORIA, PERSONAJES, ESCENARIOS.

2. Descripción
<p>El presente trabajo da cuenta del proceso de diseño e implementación en un motor de videojuegos de una herramienta de apoyo para el estudio de la naturaleza de la luz, usando realidad virtual inmersiva, llamada "Spotlight VR". En la cual, se muestra de forma interactiva algunos acontecimientos y personajes importantes en la historia, haciendo énfasis en experimentos que permitieron demostrar algunos fenómenos y que constituyeron un aporte valioso a ese campo de</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SENERGÍA DE LA EDUCACIÓN</small>	FORMATO RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 2 de 111	

la física. Se desarrollaron escenarios en los que el usuario podrá interactuar con algunos objetos o eventos, guiado y orientado con material audiovisual, brindando de esta manera una alternativa para abordar dichos contenidos en un espacio educativo. El documento muestra el por qué se realizó la aplicación, cómo funciona, su proceso de desarrollo y los resultados que se obtuvieron.

3. Bibliografía

Beléndez, A. (22, abril, 2015). Young, Fresnel y la teoría ondulatoria de la luz. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://blogs.ua.es/fisicateleco/2015/04/young-fresnel/>


Beléndez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. Revista Brasileira de Ensino de Física, 30(2), [pp. 2601.1-2601.20]. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n2/a12v30n2.pdf>

Bibek, A. & Deb, S. (Diciembre, 2016). Smartphone Based Virtual Reality Systems in Classroom Teaching. Trabajo presentado en 8th International Conference on Technology for Education de IEEE, Bombay, India.

Boudrioua, A. (2013). Ibn Haytham Optics. En Rivero, J. Niemela J. & Plenkovich, K. (Ed.), Inspired by Light: Reflections from the International Year of Light 2015 (pp. 44-46). Bellingham, Washington: SPIE.

Bowen, S. Zijian, Q. & Bin, S. (Agosto, 2013). 3DVRLab: A virtual reality learning tool for electrical teaching experiments. Trabajo presentado en Proceedings of 2013 2nd International Conference on Measurement, Information and Control de IEEE, Harbin, China.

Bravo, S. & Pesa, M. (2015). EL FENÓMENO DE LA DIFRACCIÓN EN LA HISTORIA DE LA ÓPTICA Y EN LOS LIBROS DE TEXTO REFLEXIONES SOBRE SUS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE. Investigações em Ensino de Ciências, 20(2), [p. 76-102]. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/viewFile/44/24>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 3 de 111	

Castañeda, R. (2013). COHERENCIA ESPACIAL DE LA LUZ EN EL ESPACIO-FASE: PROCEDIMIENTOS NO-PARAXIALES E IMPLICACIONES FÍSICAS. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 37(142), [p. 37-59]. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082013000100004&lng=en&tlng=es.

Castiblanco, O. & Nardi, R. (2013). GÓNDOLA Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. UN USO DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA, 8(2), [p. 50-60]. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/5139/9354>

Castillo, I. (2005). Sentido de la luz, El. Ideas, mitos y evolución de las artes y los espectáculos de la luz hasta el cine. (Tesis doctoral, Universitat de Barcelona). Recuperado de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1378/01.ICM_PARTE_1.pdf;sequence=2


Cevallos, K. (08, mayo, 2015). Metodología de Desarrollo Ágil: XP y Scrum. [Fotografía]. Recuperado de <https://ingsoftwarekarlacevallos.wordpress.com/2015/05/08/metodologia-de-desarrollo-agil-xp-y-scrum/>

Deitch, G. (2013). HOW TO SUCCEED IN ANIMATION, Don't Let A Little Thing Like Failure Stop You! Recuperado de <https://www.awn.com/genedeitch>

Druyan, A. & Soter, S. (Escritores) & Pope, B. (Director). (2014). Hiding in the Light [Episodio de serie de television]. En Hanich, L. & Holtzman, S. (Productores) Cosmos: A Spacetime Odyssey. Estados Unidos: Cosmos Studios.

Einstein, A. & Grinfeld, R. (2008). La física, aventura del pensamiento el desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos. Buenos Aires (Argentina): Editorial Losada.

Garcia, C. Valdovinos, R. Salgado, M. Eleuterio, R. & Muñoz, V. (2014). Apertura. Revista de innovación educativa. Realidad virtual y entornos virtuales como apoyo al acercamiento universidad - comunidad: el caso de la Facultad de Ingeniería de la UAEMex, 6(1). [p. 76-85] recuperado de <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/520/358>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SENERGÍA DE LA EDUCACIÓN</small>	FORMATO RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 4 de 111	

Garzón, J. (20, noviembre, 2015). Samsung Gear VR (2015): análisis, Samsung Gear VR: la ventana al futuro de la realidad virtual. [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.cnet.com/es/analisis/samsung-gear-vr-2015/>

González, C. Gracia, M. Sanagustín, L. & Romero, D. (2015). TecsMedia: Análisis Motores gráficos y su aplicación en la industria. Recuperado de http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacionUniversidad/Areas/Sociedad_Informacion/Documentos/Estado%20del%20arte%20GameEngines%20y%20su%20impacto%20en%20la%20industria.pdf.

Hawking, S. & Jou, D. (2002). El universo en una cáscara de nuez. Barcelona: Crítica.

Hernandez, F. (09, marzo, 2015). Las Ecuaciones Maxwell: LA REVOLUCIÓN DEL PADRE DE LA FÍSICA MODERNA. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://www.energiahoy.com/site/las-ecuaciones-maxwell-la-revolucion-del-padre-de-la-fisica-moderna/>

Hobbs, S. (18, noviembre, 2015). James Clerk Maxwell [Entrada de blog]. Recuperado de http://www.technologycorp.com.au/resource/james_clerk_maxwell/

Jamendo Music. (2017). Jamendo Music | Free music downloads. [Online] Recuperado de <https://www.jamendo.com/start> [visitado 01, Agosto, 2017]


Janssen, B. (2005). Breve repaso de la relatividad especial. Recuperado de <http://www.ugr.es/~bjanssen/text/repaso.pdf>

LA FACTORIA HISTORICA MICHAEL FARADAY. (05, ENERO, 2017). [Entrada de blog]. Recuperado de <https://factoriahistorica.wordpress.com/2017/01/05/michael-faraday/>

Laseinde, O. Adejuyigbe, S. & Mpofu, K. (Diciembre, 2015). Educating tomorrows engineers: Reinforcing engineering concepts through Virtual Reality (VR) teaching aid. Trabajo presentado 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) de IEEE, Singapore, Singapore.

Levis, D. (2006). ¿Qué es la realidad virtual? Recuperado de http://www.diegolevis.com.ar/secciones/Articulos/Que_es_RV.pdf

Martin, H. (2013). Una mirada a la naturaleza de la luz y el espectro electromagnético. Serie: hojitas de conocimiento, 12(8), [p. 99-100]. Recuperado de

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SEAL OF THE UNIVERSITY</small>	FORMATO RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 5 de 111	

http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/extras/hojitas_conocimiento/ciencia/99-100_la_naturaleza_de_la_luz-hugo_martin.pdf

Martínez, E. (07, febrero, 2014). Las 8 grandes ventajas de las metodologías ágiles. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://comunidad.iebschool.com/iebs/agile-scrum/que-es-agile/>

Méndez, M. (25, junio, 2014). Google Cardboard transforma tu Android en un visor de realidad virtual. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://es.gizmodo.com/google-cardboard-transforma-tu-android-en-un-visor-de-r-1596133655>

Molina, C. (07, abril, 2015). Cámara Oscura inventada por Alhazen. [Fotografía]. Recuperado de <http://www.planetariomedellin.org/blog-y-noticias/alhazen-y-la-camara-oscura/>

Molina, C. (07, abril, 2015). Alhazen y la cámara oscura. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://www.planetariomedellin.org/blog-y-noticias/alhazen-y-la-camara-oscura/>

Monroy, U. & Pachón, M. (2016). Diseño de una aplicación basada en realidad virtual inmersiva que permita evidenciar infracciones cometidas al momento de conducir. (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional). Recuperado de <http://repository.pedagogica.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2048/TE-18994.pdf?sequence=1>


Nérci, I. (1985). Hacia una didáctica general dinámica (3ª ed.). Buenos Aires: Kapelusz.

Pascual, J. (02, abril, 2016). Cómo funciona Oculus Rift, configuración y posibilidades. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://computerhoy.com/noticias/zona-gaming/como-funciona-oculus-rift-configuracion-posibilidades-42609>

Patkar, R. Singh, P. & Birje, S. (2013). International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. Marker Based Augmented Reality Using Android OS, 3(5). [p. 64-69] recuperado de https://www.ijarcse.com/docs/papers/Volume_3/5_May2013/V3I4-0388.pdf

Perez, G. (01, Agosto, 2017). Espectro electromagnético. [Entrada de blog]. Recuperado de http://www.espectrometria.com/espectro_electromagntico

Pino, F. (02, febrero, 2012). INVENTOS DE ISAAC NEWTON: LOS SIMPLES, EXTRAÑOS Y COMPLEJOS. [Fotografía]. Recuperado de

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 6 de 111	

<http://elrincondelacienciaytecnologia.blogspot.com.co/2012/02/inventos-de-isaac-newton-los-simples.html>

Rezende, L. Raimann, E. Rodrigues, R. & Wagner, M. (Mayo, 2011). Force and Motion: Virtual Reality as a Study Instrument of Alternative Conceptions in Dynamics. Trabajo presentado en 2011 XIII Symposium on Virtual Reality de IEEE, Uberlandia, Brazil.

Robayo, D. (2016). APLICACIÓN DE APOYO AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE CONCEPTOS DE ASTRONOMÍA BÁSICA UTILIZANDO UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Salinas Ibáñez, J. (2008). Innovación educativa y uso de las TIC. Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía.

Sánchez, N. (2015). LOS MATERIALES MANIPULATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA LENGUA EXTRANJERA. (Trabajo de grado, Universidad de Valladolid). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/13443/1/TFG-O%20542.pdf>

Sears, F. Zemansky, M. Young, H. Freedman, R. Flores Flores, V. & Rubio Ponce, A. (2009). Física universitaria. México: Addison-Wesley; Pearson Educación.


Sony Interactive Entertainment Europe Limited. (2017). PlayStation VR. [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.playstation.com/es-es/explore/playstation-vr/>

Tubau, D. (02, octubre, 2014). El experimento de interferencia de Thomas Young. [Fotografía]. Recuperado de <http://wordpress.danieltubau.com/el-experimento-de-interferencia-de-thomas-young/>

Ureña, A. (28, septiembre, 2009). El viento del éter lumífero y el experimento de Michelson-Morley. [Fotografía]. Recuperado de <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/el-viento-del-ter-lumifero-y-el-experimento-de-michelson-morley-10195>

Vanegas, A. (2016). APLICACIÓN DE APOYO PARA LA COMPRENSIÓN DE CONCEPTOS SOBRE FENÓMENOS PRESENTES EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA UTILIZANDO REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

2015 INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT AND LIGHT-BASED TECHNOLOGIES. (2015). Ibn Al-Haytham and the Legacy of Arabic Optics. Recuperado de <http://www.light2015.org/Home/ScienceStories/1000-Years-of-Arabic-Optics.html>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SENERGÍA DE LA PEDAGOGÍA</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 7 de 111	


3dwarehouse.sketchup.com. (2017). [Online] Recuperado de <https://3dwarehouse.sketchup.com/index.html> [visitado 01, Agosto, 2017]

4. Contenidos


El documento los componen cuatro capítulos. En el primer capítulo, Introducción, se presenta el planteamiento del problema, la justificación del proyecto y los objetivos. En el segundo capítulo se muestran los antecedentes consultados y el marco teórico necesario para la elaboración del proyecto. En el tercer capítulo se encuentra lo referente al desarrollo de la aplicación “Spotligh VR”, en este apartado se describen los aspectos generales de cada escenario, los temas y personajes abordados, los entornos tridimensionales, las mecánicas de interacción y el material audiovisual elaborado. Por ultimo en el capítulo cuatro se encuentran las conclusiones del trabajo realizado y las referencias empleadas.

5. Metodología

Dentro de las metodologías existentes para la elaboración de cualquier proyecto enfocado al desarrollo de software, se encuentran las metodologías ágiles, allí aparece la metodología Scrum con la que se desarrolló el presente trabajo de grado y que se basa en construir la funcionalidad de mayor importancia del proyecto y con constantes revisiones ir añadiendo o modificando tareas asignadas a los participantes.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SENERGÍA DE LA EDUCACIÓN</small>	FORMATO RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 8 de 111	

6. Conclusiones
<p>Se diseñó e implementó en un motor de video juegos una aplicación en realidad virtual inmersiva llamada “Spotlight VR”. Con el fin de ser empleada como herramienta de apoyo a procesos de aprendizaje relacionados con el estudio de la naturaleza de la luz usando como estrategia un recorrido histórico destacando experimentos y sucesos que aportaron a este campo.</p> <p>Se construyeron siete escenarios que permiten al usuario observar ambientes en 3D asociados a sucesos y experimentos relacionados con los temas: espectro electromagnético, la dualidad onda-partícula y la velocidad de la luz.</p> <p>Se programaron animaciones que permiten recrear experimentos y sucesos dentro de los escenarios, además se diseñaron controladores que permiten al usuario manipular de forma inmersiva algunas características de los acontecimientos y navegar dentro de la aplicación.</p> <p>Se Incluyeron pistas de audio y animaciones que favorecen el manejo de la aplicación por parte del usuario aumentando la sensación de inmersión, además de brindar información que permite realizar un recorrido más sencillo y a su vez ofrecer datos que dan contexto a los experimentos.</p> <p>El desarrollo de aplicaciones en realidad virtual inmersiva puede estar orientada al campo educativo, teniendo claros los contenidos y la intencionalidad del material. “Spotlight VR” es una herramienta que brinda alternativas al docente para abordar los contenidos de espectro electromagnético, dualidad onda-partícula y velocidad de la luz.</p> <p>Al encontrar muy pocos trabajos desarrollados en realidad virtual inmersiva sobre la luz y ninguno que trate el estudio de su naturaleza a través de la historia, es pertinente mencionar que “Spotlight VR” innova la forma de abordar los contenidos, y al mismo tiempo permite abordar un público más diverso debido al lenguaje coloquial presentado en los audios</p>

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>SENERGÍA DE LA PEDAGOGÍA</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 9 de 111	

Dadas las posibilidades que ofrece la realidad virtual inmersiva los futuros trabajos estarían orientados al manejo de otros campos de la física como electromagnetismo, termodinámica, ondas entre otros, por otro lado, y debido a la cantidad de personajes y acontecimientos sucedidos en la historia se podría seleccionar solo aquellos experimentos que presenten dificultades o inconvenientes al momento de replicarlos en la vida real o que simplemente no son observables al ojo humano.

Elaborado por:	García Fernández, Diego Alexander; Patiño Aguilar, David Leonardo
Revisado por:	Rivera, Diego

Fecha de elaboración del Resumen:	25	08	2017
--	----	----	------

Tabla de contenido

Capítulo 1 Introducción	5
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Justificación	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general	7
1.4.2 Objetivos específicos.....	7
Capítulo 2 Marco teórico.....	8
2.1 Antecedentes	8
2.2 Marco conceptual.....	11
2.2.1 Motor de videojuegos:.....	11
2.2.1 Unity 3D:.....	11
2.2.3 Realidad virtual	12
2.2.4 Animaciones.....	14
2.2.5 Material de audio.....	15
2.2.6 Herramienta de apoyo	16
2.2.7 Uso de la historia en enseñanza de la física	17
2.2.8 Naturaleza de la luz.....	18
2.2.9 Metodología	29
Capítulo 3 Desarrollo	31
1.4 Descripción general	31
3.2 Descripción de los escenarios	38
3.2.1 Escenario 0 – galería/menú principal	38
3.2.2 Escenario 1 – Ibn Alhazen	43
3.2.3 Escenario 2 – Isaac Newton	54
3.2.4 Escenario 3 – Thomas Young	65
3.2.5 Escenario 4 – William Herschel.....	71
3.2.6 Escenario 5 – Michelson-Morley	78
3.2.7 Escenario 6 – Faraday-Maxwell.....	82
3.2.8 Escenario 7 – Albert Einstein.....	86

Capítulo 4 Resultados	91
4.1 Nombre de la aplicación	91
4.2 Logo	92
Capítulo 5 Conclusiones	93
Referencias	95

Lista de tablas

Tabla 1 Audios utilizados en la aplicación	34
Tabla 2. Scripts Escenario 0 – galería/menú principal	39
Tabla 3 Modelos 3D Escenario 0 – galería/menú principal	40
Tabla 4 Scripts Escenario 1 – Ibn Alhazen	45
Tabla 5 Modelos 3D Escenario 1 – Ibn Alhazen.....	47
Tabla 6 Scripts escenario 2 – Isaac Newton	56
Tabla 7 Modelos escenario 2 – Isaac Newton	58
Tabla 8 Scripts Escenario 3 – Thomas Young	72
Tabla 9 Modelos Escenario 3 – Thomas Young.....	74
Tabla 10 Scripts escenario 4 – William Herschel.....	66
Tabla 11 Modelos escenario 4 – William Herschel.....	68
Tabla 12 Scripts escenario 5 – Michelson-Morley	78
Tabla 13. Modelos escenario 5 – Michelson-Morley	79
Tabla 14 Scripts Escenario 6 – Faraday-Maxwell.....	83
Tabla 15 Modelos Escenario 6 – Faraday-Maxwell.....	84
Tabla 16. Scripts Escenario 7 – Albert Einstein	87
Tabla 17. Modelos Escenario 7 – Albert Einstein	88

Lista de figuras

Figura 1 Cámara oscura.....	20
Figura 2. Experimento prisma de Newton.....	22
Figura 3 Experimento de Thomas Young.....	23
Figura 4 Interferómetro de Michelson.....	26
Figura 5 Espectro electromagnético	27
Figura 6 Esquema de metodología Scrum.....	30
Figura 7 Mecánicas escenario Galería.....	35
Figura 8 Mecánicas escenario Alhazen	36
Figura 9 Mecánicas de interacción entre escenas	36
Figura 10 Mecánicas escenario Isaac Newton.....	37
Figura 11 Mecánicas escenario William Herschel	37
Figura 12 Escenario 0 – galería/menú principal.....	38
Figura 13 Escenario Alhazen primera parte	44
Figura 14 Escenario Alhazen segunda parte.....	44
Figura 15 Escenario Isaac Newton primera parte.....	55
Figura 16 Escenario Isaac Newton segunda parte	56
Figura 17 Escenario Thomas Young	66
Figura 18 Escenario William Herschel.....	72
Figura 19 Escenario Michelson Morley	78
Figura 20 Escenario Faraday Maxwell.....	83
Figura 21 Escenario Albert Einstein.....	86

Capítulo 1 Introducción

El presente trabajo evidencia el proceso de desarrollo de una herramienta de apoyo basada en realidad virtual inmersiva para el estudio de la naturaleza de la luz a través de la historia, la cual tiene como intención facilitar los procesos de enseñanza-aprendizaje de los contenidos propuestos. Está planteado a modo de línea de tiempo, haciendo énfasis en algunos personajes relevantes y en experimentos que resultaron de gran importancia para la investigación de dicho fenómeno, se abordaron tres temas: espectro electromagnético, dualidad onda-partícula y velocidad de la luz, divididos en siete escenarios, donde el usuario mediante material audiovisual hará un recorrido guiado, observando los contenidos de forma interactiva.

1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad hay un avance significativo en el campo de la realidad virtual, que se define como “una simulación computarizada de la realidad natural o imaginaria. Por lo general, el usuario está inmerso parcial o totalmente en el ambiente” (Patkar, Singh, y Birje, 2013, p.65). Esta tecnología tiene varios campos de acción tales como publicidad, medicina, videojuegos, y entretenimiento, entre otros. En la parte educativa, aunque su exploración es reciente, se han realizado desarrollos en diversas áreas, por ello, surge la siguiente pregunta de investigación. ¿Qué características debe tener una App de realidad virtual inmersiva para que cumpla la función de material de apoyo en el estudio de la naturaleza de la luz?

1.2 Justificación

El uso de tecnologías como realidad virtual inmersiva podría facilitar la innovación en diferentes ámbitos, entendiendo por innovación “la introducción de cambios que pretenden producir mejoras o modificaciones que responden a un proceso planeado, deliberado, sistematizado e intencional.” (Salinas, 2008, p.11). En el campo educativo, atendiendo a una constante reflexión de su ejercicio resulta pertinente incorporar diferentes alternativas que contribuyan a su buen desarrollo. Para (Fullan y Stiegelbauer, 1991) citado por (Salinas, 2008, p.20) “los métodos de innovación relacionados con las mejoras en los procesos de enseñanza-aprendizaje implican cambios relacionados con: La incorporación de nuevos materiales, nuevos comportamientos y prácticas de enseñanza, nuevas creencias y concepciones”.

Para el caso de incorporar nuevos materiales, es posible aplicar herramientas de apoyo basadas en realidad virtual inmersiva como elementos que pretenden aportar a la construcción de conceptos y facilitar el aprendizaje de algún contenido específico, situando al participante en el centro del evento, proporcionando un acercamiento diferente y brindando así una nueva perspectiva.

Esta tecnología ofrece la reproducción de material audiovisual además de mecánicas de interacción entre usuario y plataforma que se pueden generar en tiempo real, lo cual permite controlar los eventos que suceden, como sugieren (Manetta y Blade, 1995) citado por (García, Valdovinos, Salgado, Eleuterio, y Muñoz, 2014, p.87) “un mundo artificial en el cual el usuario tiene la impresión de estar y la habilidad de navegar y manipular objetos en él”. Teniendo en cuenta lo anterior resulta pertinente aprovecharla como herramienta de

apoyo para el estudio de la física, dado que ofrece la posibilidad de recrear momentos importantes a lo largo de la historia.

Por consiguiente el desarrollo de plataformas, aplicaciones, videojuegos y demás basados en realidad virtual en del departamento de tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional, es oportuno dadas las proyecciones hacía el futuro que poseen este tipo de tecnologías. Por ello, se propone diseñar e implementar una aplicación en realidad virtual inmersiva mediante la cual el usuario pueda observar e interactuar de manera sencilla en diferentes escenarios con experimentos que se llevaron a cabo en diferentes momentos de la historia referentes al estudio de la luz y que tuvieron como resultado avances en la ciencia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Diseñar e implementar una herramienta de apoyo para el estudio de la física de la luz a través de una aplicación en realidad virtual inmersiva.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar Entornos tridimensionales en un motor de desarrollo de videojuegos que permitan observar sucesos y experimentos con escenarios que abarcan los temas de: espectro electromagnético, la dualidad onda-partícula y la velocidad de la luz.
- Programar las mecánicas que permitan al usuario visualizar y controlar de forma inmersiva los eventos que ocurren en los escenarios de la aplicación.
- Diseñar e incorporar material audiovisual y efectos necesarios para la ambientación de cada escenario

Capítulo 2 Marco teórico

2.1 Antecedentes

Para el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta algunos trabajos sobre realidad virtual aplicados en educación, enfocados a la concepción de Apps como herramientas que ayudan al proceso de enseñanza, particularmente en ciencias. Éstos se obtuvieron de revistas, artículos, trabajos de grado y tesis, los cuales contribuyeron a afianzar la concepción y posterior desarrollo del trabajo.

La realidad virtual inmersiva en educación resulta muy reciente, por tanto es necesario revisar algunos trabajos que se encargan de estudiar su viabilidad, tal es el caso del artículo:” Smartphone Based Virtual Reality Systems in Classroom Teaching” el cual se presentó en la octava conferencia de tecnología para educación de IEEE en 2016, en él se aborda la manera en que aplicaciones de bajo costo en smartphones y mediante el uso de CardBoard pueden ser utilizadas en el aula de clase para la comprensión de conceptos en estudiantes de ingeniería, el artículo concluye que mediante el uso de VR en clases tradicionales se podría mejorar el proceso de enseñanza, inclusive hacer más atractivas e interesantes las clases para los estudiantes.

Un caso particular de realidad virtual utilizada herramienta de apoyo para procesos educativos es el caso de “Educating Tomorrows Engineers: Reinforcing Engineering Concepts Through Virtual Reality (VR) Teaching Aid” en el cual se realizan escenarios en realidad virtual que sirven para apoyar procesos en ingenierías industrial, mecánica y civil, más específicamente en el diseño de las instalaciones, la planificación de procesos y la

ingeniería de producción. El artículo menciona que es posible generar una interacción más directa entre el maestro y el estudiante, además señala que “el uso de la tecnología en el aula, aumenta la retención de conceptos proporcionando una experiencia agradable” (Laseinde, Adejuyigbe & Mpofu, 2015).

En el caso de VR aplicado en temas de física se encuentra el trabajo titulado: “Force and Motion: Virtual Reality as a study instrument of alternative conceptions in Dynamics.” El cual se expuso en el XIII simposio de realidad virtual celebrado en Brasil, en dicho trabajo se busca mediante realidad virtual explicar temas de fuerza y movimiento de física clásica para estudiantes de educación media, la aplicación “permiten al alumno prever cualitativamente lo que ocurrirá en los fenómenos” (Rezende, Raimann, Rodrigues, & Wagner, 2011) favoreciendo la comprensión de los contenidos.

En el año 2013 en la segunda conferencia internacional sobre medición, información y control se presentó el trabajo titulado: “3DVRLab: A Virtual Reality Learning Tool for Electrical Teaching Experiments” el cual consiste en un laboratorio en realidad virtual para estudiantes de primeros años de ingeniería eléctrica y carreras afines con el fin de permitir a los estudiantes mejorar las capacidades de diseño y realización de experimentos, en un ambiente que abarata los costos y es más seguro que el mundo real, está compuesto de tres módulos: demostración, práctica y examen en los cuales se pueden realizar montajes eléctricos en menor tiempo con un enfoque más realista e intuitivo lo cual puede permitir en los estudiantes mejorar la comprensión de los principios experimentales básicos.

Dentro de la universidad pedagógica se encontraron tres trabajos de grado desarrollados en realidad virtual inmersiva, el primero de ellos es una App llamada “TUTRANSITO”, la cual consiste en un simulador de conducción cuyo objetivo es “enfrentar al usuario a una serie de retos relacionados a la forma de conducir los cuales están ligados a las normas de

tránsito y seguridad vial. Ésta herramienta permite evidenciar infracciones típicas que se comenten diariamente al conducir y desencadenan diferentes situaciones que se reflejan en los agentes que intervienen” (Pachón y Monroy, 2016).

Además de ello, se pudo observar otro proyecto titulado “aplicación de apoyo al proceso de aprendizaje de conceptos de astronomía básica”, llamado “Virtual EduSpace” el cual simula un viaje interactivo en realidad virtual inmersiva, con el fin de observar y estudiar conceptos básicos de astronomía, según la autora con el fin de “explicar conceptos básicos de astronomía en diferentes ambientes como el sistema solar, tipos de orbitas, y el fenómeno de paralaje estelar”.

El antecedente más reciente que se observó es una aplicación llamada “Energy Effect VR” para apoyar la comprensión de conceptos sobre fenómenos presentes en la transformación de energía, en ella se puede observar mediante realidad virtual inmersiva escenarios que muestran algunos procesos de transformación de energía como mecánica, química y magnética a eléctrica, como lo son el efecto volta, piezoeléctrico, y el efecto hall, todo esto con un propósito educativo.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Motor de videojuegos:

Un motor de video juego o “Game engine” es un software que posee herramientas que pretenden facilitar la creación de videojuegos en 2D y 3D, pueden ser desarrollados para diferentes dispositivos, como lo menciona (González, Gracia, San Agustín y Romero, 2015) en su libro Análisis: Motores gráficos y su aplicación en la industria “Los desarrolladores de videojuegos pueden usar los motores para crear videojuegos para consola, dispositivos móviles, ordenadores o dispositivos de Realidad Virtual”.

Este tipo de software proporciona al programador un motor de renderizado, además de funciones básicas como: sonidos, música, animaciones colisiones, entre otros. Es importante destacar que los motores de videojuego son genéricos, lo que permite al programador dedicarse a la realización del juego sin tener en cuenta la plataforma de destino, debido a que permite llevar los desarrollos a los diferentes dispositivos que existen en el mercado. Se pueden encontrar varios motores de desarrollo como CryEngine, Unreal Engine, Sony PhyreEngine, Unity, entre otros.

2.2.1 Unity 3D:

Unity 3D es un motor de videojuegos que permite desarrollar aplicaciones en formato 2D, 3D, realidad virtual y realidad aumentada, los cuales pueden ser compatibles con varias plataformas como Windows, IOS, Linux y dispositivos como PC, consolas, internet, dispositivos móviles entre otros, así mismo cuenta una tienda de recursos en la cual se pueden encontrar diferentes elementos como: Modelos 3D, scripts, materiales, archivos de audio y animaciones, que pueden complementar los desarrollados por el programador.

Unity 3D es compatible con programas de diseño tales como Sketchup, Blender, Maya, 3ds Max, Cinema 4D, entre otros. Cuenta con una interfaz gráfica bastante completa y una herramienta de desarrollo MonoDevelop la cual permite crear scripts en lenguaje de programación C# o JavaScript, por otro lado Unity 3D ofrece en su página oficial soporte en la cual se encuentra documentación completa de todo su contenido y algunos tutoriales.

2.2.3 Realidad virtual

La realidad virtual es una simulación, que pretende generar en el usuario la sensación de presencia en un mundo artificial, a través de la interacción de elementos digitales con los sentidos, dependiendo el nivel de inmersión, este entorno debe dar la sensación de ser manipulable, explorable, y visualizable en tiempo real, haciendo uso de imágenes, sonidos, animaciones, entre otros. Según (Levys, 2006, p.4) “Cuantos más sean los sentidos implicados en el engaño mayor será la intensidad de la experiencia simulada.”

Un sistema de realidad virtual debe generar un entorno tridimensional que facilite al usuario la interacción con el mundo digital, para ello, se construyen modelos 3D que posean propiedades análogas a las del mundo real (textura, gravedad, colisión). Además debe estar en la capacidad de interpretar movimientos naturales de la persona para hacerlos parte de la simulación, con la finalidad de que el usuario pueda moverse y actuar dentro del escenario “la realidad virtual permite la captura de los movimientos naturales del usuario que luego serán proyectados en el mundo virtual que se ha generado con antelación, proyectando en este los movimientos reales” (Pachón y Monroy, 2016).

Dentro de los tipos de realidad virtual están: no-inmersiva, semi-inmersiva e inmersiva, esta última, tiene como objetivo que el usuario esté inmerso en un ambiente en el cual estén involucrados la mayor cantidad de sentidos posibles, para ellos se diseñan

dispositivos como gafas, cascos, guantes, entre otros. Que le permitan interactuar con el ambiente virtual apartado casi por completo del mundo real.

La realidad virtual se usa en diferentes campos dentro de los cuales destaca:

- Material de entretenimiento (juegos, cine, aplicaciones)
- Simuladores para procedimientos médicos.
- Material didáctico para el apoyo a procesos de aprendizaje.
- Simuladores de vuelo, conducción, navegación

2.4.1.1 Visores de realidad virtual.

En el mercado existen varios tipos de visores de realidad virtual para generar la estereoscopia, la cual consiste en mostrar una imagen con ligeras diferencias para cada ojo, lo cual crea la sensación de profundidad y al mismo tiempo da una percepción tridimensional, a continuación se describen los más representativos.

- *Google Cardboard*: desarrolladas por la empresa Google, es el dispositivo más económico que se encuentran en el mercado, consiste en un cartón plegable con unos lentes especiales, el cual se acopla al Smartphone y mediante una App se convierte en un visor de realidad virtual.
- *Oculus Rift*: Visor desarrollado por la compañía Oculus VR, mediante el cual la compañía busca producir un producto que permita ejecutar juegos en realidad virtual con muy buena calidad, compatible con ordenadores, preferiblemente de gama alta dados los requerimientos necesarios para un óptimo funcionamiento, cuenta con un sensor LED de infrarrojos para detectar movimiento y un mando de control remoto.

- *PlayStation VR*: Visor de realidad virtual diseñado por la compañía Sony, es compatible con la consola PlayStation 4, cuenta con una pantalla OLED de 5.7 pulgadas, ofrece 120 fotogramas por segundo permitiendo de esta manera gráficos fluidos con latencia baja, adicionalmente incluye micrófono integrado y audio 3D que mejora la sensación de inmersión.
- *Samsung Gear VR*: Gafas desarrolladas por Samsung Electronics en colaboración con Oculus VR, con la intención de tener una experiencia 3D en videojuegos y contenidos audiovisuales en celulares, bastante livianas pero únicamente compatible con algunos dispositivos de gama alta de la misma compañía.

2.2.4 Animaciones

Teniendo en cuenta lo que menciona (Deitch, 2001). “ la animación es el registro de una acción, pero la misma está registrada en fases individuales e imaginada de una forma tal que si se reproduce este registro a una velocidad determinada y constante, siempre y cuando esta velocidad exceda la persistencia de la imagen en el ojo, se produce la ilusión de movimiento en el observador” La aplicación de animaciones en realidad virtual inmersiva, pretenden que el usuario experimente una sensación de movimiento de sí mismo o de algunos modelos 3D presentes dentro de cada escena, esto se realiza con la intención de contribuir a la interactividad entre el usuario y la aplicación.

La ventana de animación en Unity 3D permite crear o editar clips, dentro de las opciones se pueden editar propiedades de los objetos como: posición, rotación, escala, habilitar la visibilidad, colores, propiedades de los scripts entre otros. Esto permite al programador realizar animaciones en las cuales el usuario puede observar dentro del escenario en tiempo real como cambian las propiedades de un objeto.

2.2.5 Material de audio

Para los audios o canciones que se usan en cualquier tipo de proyecto multimedia se cuenta con algunos tipos de licencias entre los cuales está Copyright el cual hace referencia a las obras protegidas por la ley de propiedad intelectual, y en las cuales es necesario pagar para su uso, cumpliendo los debidos acuerdos y condiciones, por otro lado existen las licencias tipo CopyLeft el cual busca crear licencias libres de uso que permitan compartir y reutilizar contenidos, en este grupo aparecen las licencias Creative Commons.

Las licencias Creative Commons pertenecen a una organización sin ánimo de lucro que permite a los creadores subir sus contenidos a internet de forma libre, suelen incluir dichos materiales en los repositorios de las instituciones, con este tipo de licencia el autor autoriza el uso de su obra bajo ciertas condiciones lo que permite que aun siga protegida.

Las condiciones de la licencia son:

- Reconocimiento: el autor permite el uso del contenido siempre y cuando se cite y se reconozca su autoría.
- Sin obra derivada: no se permiten obras derivadas.
- No comercial: no se permite el uso con fines lucrativos.
- Compartir igual: el autor permite la reproducción, copia, distribución y generar obras derivadas siempre que se siga utilizando la misma licencia.

En ese orden de ideas para la música de fondo en los diálogos presentados en cada escenario se utilizaron obras con licencia Creative Commons (Jamendo Music, 2017), para el caso de los modelos en 3D algunos son de autoría propia, sin embargo la gran mayoría son descargados con licencias similares (3dwarehouse.sketchup.com, 2017).

2.2.6 Herramienta de apoyo

Como menciona (Néreci, 1969) citado por (Sánchez, 2015, p.10) “El material didáctico es, en la enseñanza, el nexo entre las palabras y la realidad. Lo ideal sería que todo aprendizaje se llevase a cabo dentro de una situación real de la vida. No siendo esto posible, el material didáctico debe sustituir a la realidad, representándola de la mejor forma posible, de modo que facilite su objetivación por parte del alumno”, allí menciona que el material didáctico, en este caso una herramienta de apoyo por sí sola no funciona, este necesita del docente para su máximo provecho, inclusive numera algunas finalidades del material didáctico, entre las cuales para interés de este proyecto se encuentran:

- “Aproximar al alumno a la realidad de lo que se quiere enseñar, ofreciéndole una noción más exacta de los hechos o fenómenos estudiados.”
- “facilitar la percepción y comprensión de los hechos y de los conceptos”
- “Concretar e ilustrar lo que se está exponiendo verbalmente”
- “ayudar a comprender mejor las relaciones entre las partes y el todo en un tema, objeto o fenómeno”

Estas finalidades están sujetas a la clasificación que se le da a los materiales didácticos, es decir, de acuerdo a lo establecido por la Unesco en la II conferencia general el producto a entregar del presente proyecto se encuentra en la categoría de material auxiliar audiovisual el cual incluye videos, música e imágenes, sumado a otras características propias de la aplicación.

2.2.7 Uso de la historia en enseñanza de la física

Cuando se habla de didáctica en la educación se hace referencia a varios aspectos que abarcan el que, el cómo, el porqué y para qué enseñar algún contenido específico, los cuales varían de acuerdo al contexto y las necesidades de la población, de igual manera se recurre a diferentes criterios y herramientas, para el caso de la física como menciona (Castiblanco y Nardi, 2013) "la historia de la física contribuye a ampliar la comprensión de la manera como se construyó un determinado concepto, el análisis de los paradigmas de la historia y sus desarrollos, los aprendizajes del estudio de la evolución de los conceptos y, en general, las nuevas maneras de ver la naturaleza de las ciencias".

De lo anterior se podría decir que el uso de la historia en la enseñanza de la física favorece la comprensión de algunos aspectos que llevaron a la construcción de los paradigmas establecidos en diferentes épocas, y que permite de cierta manera relacionar aspectos sociales al componente racional, es decir, no muestra la física como algo que surge de la nada y que es netamente matemático, exacto y propio de los genios.

La aplicación está orientada a mostrar los contenidos de manera cualitativa, es decir busca explicar cómo se llegó a los resultados de manera visual, sin utilizar de alguna manera lenguaje matemático avanzado, como menciona (Einstein y Grinfeld, 2008, pp.34-35) "Mientras nos ocupemos únicamente de las ideas físicas fundamentales, podremos evitar el empleo de las matemáticas", sin embargo como él mismo afirma más adelante "El precio que hay que pagar por abandonar el lenguaje matemático consiste en una pérdida de precisión y en la necesidad de mencionar a veces resultados sin indicar cómo se obtuvieron." Esto lleva a mencionar el uso de la aplicación como herramienta de apoyo, es decir que tiene que ir acompañada por la labor de un docente, como menciona (Fulchignoni, E "revista brasileira de estudos pedagogicos" p. 20) citado por (Néreci, 1969,

p. 304)”los elementos audiovisuales no anulan la personalidad del profesor ni tampoco la limitan, por el contrario la favorecen... sin embargo la utilización eficaz de los elementos audiovisuales requiere, por parte del educando, una formación previa especial”

2.2.8 Naturaleza de la luz.

La filosofía del mundo greco-romano en el siglo V y IV antes de cristo se encontraba en su cúspide, dejó un gran legado e inclusive se podría decir que la filosofía actual de cierta manera conserva en aquel periodo sus bases, para ese momento uno de los objetos de estudio más importantes era relacionado al hombre y la manera en que este funciona, donde surge el interrogante ¿Cómo se le hace para ver?, por tanto, y de acuerdo a lo que menciona (Castillo, 2005, p. 31)”No parece que los filósofos griegos se hayan propuesto claramente el problema de determinar la naturaleza de la luz; su cuestión era desvelar el mecanismo de la visión.”, sin embargo la luz y la visión estaban relacionados de manera directa, por lo que las ideas de algunos personajes trataban de dar explicación a ambos fenómenos.

De esta manera en el periodo helénico se desarrollan tres escuelas o teorías, la primera llamada pitagórica sostenía que la luz era emitida por el ojo humano, la segunda hace referencia a los atomistas de la escuela de Demócrito la cual aseguraba que por el contrario eran los objetos los que emitían luz hacia los ojos, así llegamos a la tercera escuela que era la escuela platónica, a la que pertenecía Empédocles quien argumentaba que la luz era una mezcla entre las dos teorías anteriores.

Para entonces también sucedió que otros personajes modificaban o daban explicaciones diferentes al mismo fenómeno, por ejemplo Leucippo di Mileto sostenía que los objetos enviaban alguna cosa a nuestra alma para que pudiéramos percibirlos, lo que más adelante

los pitagóricos llamarían “fuego” invisible, de esta manera llegamos a Euclides quien era matemático y que realizó algunos postulados sobre óptica en los cuales menciona el concepto de “rayo” que es emitido, se propaga y viaja en línea recta hasta encontrar el objeto, lo que constituyó las bases de la óptica geométrica.

Para este primer periodo de la historia de la luz se distinguen algunos aspectos relevantes donde cabe resaltar el nacimiento de la óptica geométrica, la “perspectiva” con la ley de reflexión, y que a pesar de las dificultades como menciona (Ronchi, 1970) citado por (Castillo, 2005, p. 41) “El carácter de este período de búsqueda es de gran complejidad. La heterogeneidad de las nociones, del lenguaje, de las observaciones, de las conclusiones; hacen que impere el desorden y la confusión.” Se pudo generar nociones que serán retomadas en años posteriores por otros personajes.

Ibn nació en el año 965 época conocida como la edad de oro de la ciencia en el mundo islámico, periodo comprendido entre 750-1250 D.C en el cual había una notoria búsqueda de conocimiento, traducción de escritos, partiendo de los griegos, y de los cuales surgieron nuevos tratados, para el caso de Alhazen, quien tuvo acceso a los tratados de Aristóteles y Euclides sobre la luz, pudo realizar varios experimentos para tratar de entender aquel fenómeno.

De esa manera logró realizar la cámara oscura, la cual consistía en mantener una habitación totalmente cerrada, y solo permitir el paso de la luz a través de una abertura o agujero en una de las paredes, luego de cumplir estas condiciones se crea un reflejo o imagen de objetos que se encuentren al exterior en la pared opuesta.

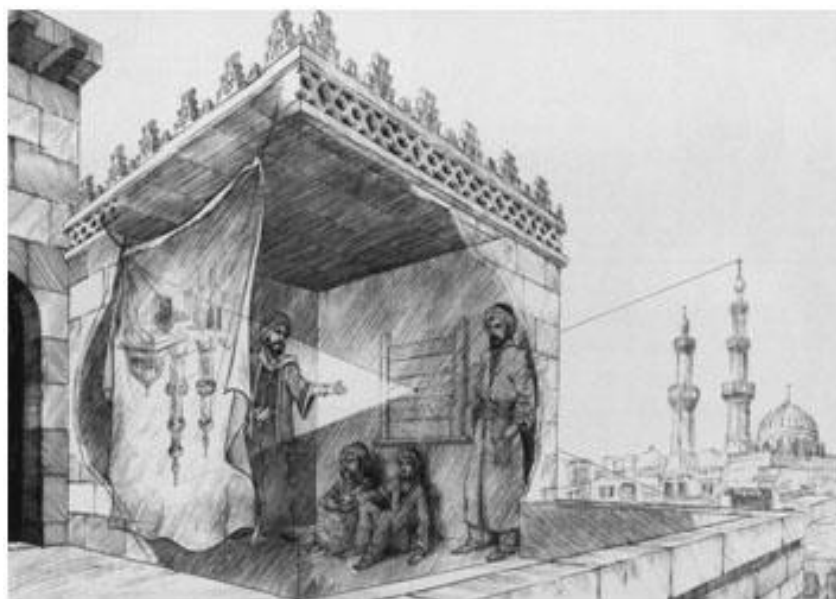


Figura 1 Cámara oscura

Recuperado de <http://www.planetariomedellin.org/blog-y-noticias/alhazen-y-la-camara-oscura/>

Gracias a este experimento Alhazen explicó la manera en que se propagaba la luz y cómo funcionaba la visión, cambió el paradigma que había permanecido durante mucho tiempo como menciona (Castañeda, 2013, p.38) “convenció al mundo, hacia el año 1000, de que el mecanismo propuesto por Demócrito para explicar por qué podemos ver y que había permanecido sin alteraciones hasta esa época, era incorrecto: la luz no es emitida sino sólo detectada por los ojos.” De esta manera separó la luz de la visión, declarando que la luz existe independientemente de la visión, también argumentó que la visión se produce en el cerebro y no en el ojo.

Adicionalmente menciona que la luz emitida por las velas, las estrellas y cualquier cuerpo incandescente es de la misma naturaleza, se consagró como el padre de la óptica moderna gracias a su obra *Kitab-al-Manazirn* compuesta de siete volúmenes el cual es considerado el tratado de óptica más importante de la edad media, manteniendo una gran

influencia en el desarrollo científico como menciona (Boudrioua, 2013, p.46)”con el trabajo de Ibn al-Haytham, el método científico nació con una prioridad dada a la evidencia experimental. Hasta el siglo XVII, Alhazen fue la referencia y el faro que iluminó la cultura y todo el continente europeo.”

A comienzos del siglo XVII nos encontramos con Johannes Kepler quien realizó significativos aportes matemáticos al campo de la óptica, además de descripciones acerca del funcionamiento del ojo humano, tras Kepler, el estudio de la luz y de la óptica a lo largo de los dos primeros tercios del siglo XVII está lleno de importantes nombres como Thomas Harriot, René Descartes, Pierre de Fermat, James Gregory quien descubrió la difracción. Posteriormente Isaac Newton quien propone que la luz está compuesta de pequeños corpúsculos, que viajaban a través de una sustancia llamada éter, a la par de Newton el holandés Christiaan Huygens y el inglés Robert Hooke desarrollan la primera teoría ondulatoria de la luz.

En 1666 Sir Isaac Newton, realizó un experimento que sería importante en sus trabajos de óptica, consistió en hacer pasar luz del Sol, a través de un prisma de vidrio, observó que se descompone en los colores del arco iris, a lo que llamo “spectrum”. Concluyo que la luz blanca está formada por varios rayos de luz de diferentes colores, y cada uno de ellos sufre una refracción distinta al pasar por el prisma, además que el color es una propiedad de la luz, no de los objetos.

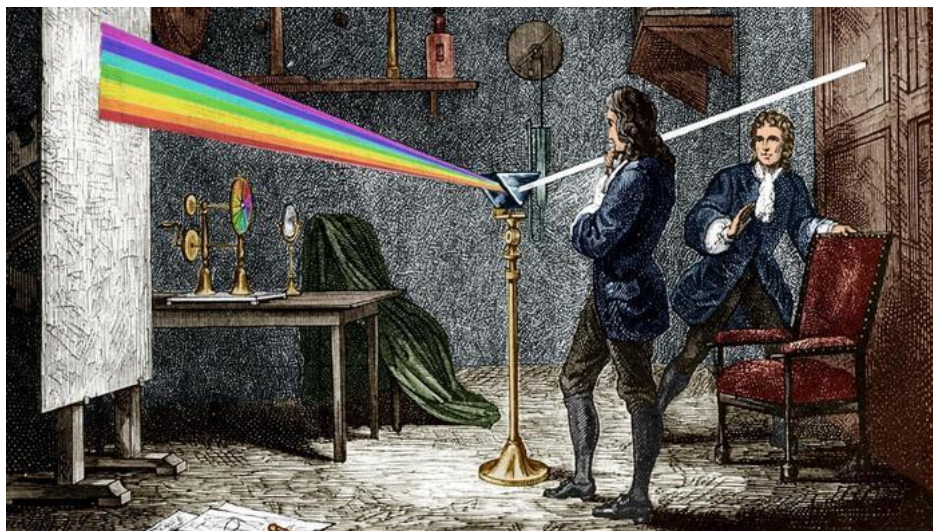


Figura 2. Experimento prisma de Newton

Recuperado de: <http://elrincondelacienciaytecnologia.blogspot.com.co/2012/02/inventos-de-isaac-newton-los-simples.html>

En 1671 Newton diseñó y construyó un telescopio reflectante, lo cual significó su entrada a la Royal Society, la sociedad científica más antigua del reino unido, allí publicó su tratado acerca de la luz y los colores en 1672, sostenía que la luz es un flujo de pequeñísimas partículas o corpúsculos emitidos por las fuentes luminosas, que se movían en línea recta con gran rapidez. El tamaño de estos corpúsculos de luz estaría asociado con el color. Así, “las partículas más pequeñas producirían sensación de azul y violeta y las más grandes serían responsables del verde, amarillo, naranja y rojo” (Zajonc, 2003) citado por (Bravo & Pesa, 2015, p.85).

En la misma época que Newton publicaba su teoría corpuscular, un científico holandés llamado Christian Huygens, proponía una teoría ondulatoria, en la que afirmaba que la luz se propagaba en el vacío en forma de ondas, el artículo Una mirada a la naturaleza de la luz y el espectro electromagnético afirma que “Huygens sostenía la existencia de una sustancia

omnipresente que llenaba todo el espacio entre la materia, a la que llamó éter luminífero y que permitía la propagación de la luz mediante sus oscilaciones”(Martin, 2015, p.100), teniendo en cuenta lo anterior, resultaba muy sencillo explicar fenómenos como la reflexión y la refracción. Debido a la autoridad científica que tenía Newton, esta teoría no fue muy aceptada durante el siglo XVII.

Hubo que esperar hasta el siglo XIX para que se diera el resurgimiento de la teoría ondulatoria, gracias a un científico inglés llamado Thomas Young quien desarrolló en el año 1801, el famoso experimento de la doble rendija que, en el cual según (Bravo y Mesa, 2015 p.87) “la luz pasa a través de una “estrecha” rendija, de dimensiones similares a la longitud de onda de la luz la cual al salir de la rendija se difracta, es decir, se esparce, e incide en un segundo trozo de cartulina en el que hay dos rendijas similares paralelas.” Lo que se observó fue que se generaba un patrón de interferencias, demostrando que la luz se comporta como una onda.

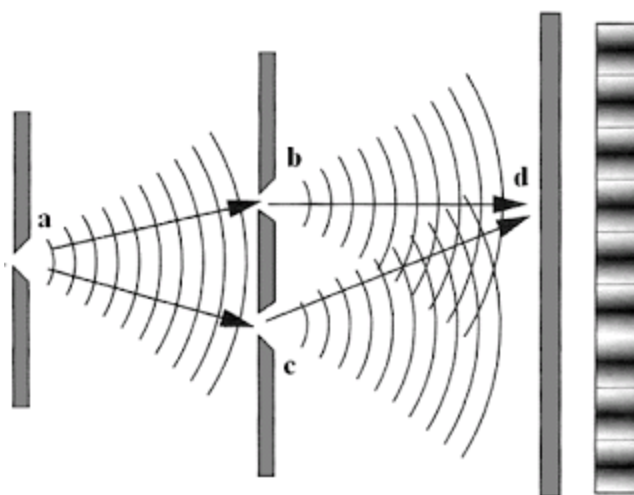


Figura 3 Experimento de Thomas Young

Recuperado de: <http://wordpress.danieltubau.com/el-experimento-de-interferencia-de-thomas-young/>

Esta teoría fue presentada en 1818 en un congreso de la academia de ciencias francesa, por un ingeniero francés llamado Augustin Fresnel, quien continuó realizando experimentos como el de Young, llegando a la misma conclusión, la luz como fenómeno ondulatorio de naturaleza mecánica, en 1815 publicó “Théorie de la Lumière” una obra en la cual según (Beléndez, 2015) “sintetizó los conceptos de la teoría ondulatoria de Huygens y el principio de interferencia de Young y analizó el fenómeno de la difracción, también característico de las ondas y que se presenta cuando una onda es distorsionada por un obstáculo” además de darle un sustento matemático a la teoría ondulatoria.

En 1800 Sir Frederick William Herschel quien era músico y astrónomo, realizó un descubrimiento de gran importancia, retomando el experimento realizado por Isaac Newton, donde descompone la luz utilizando un prisma de cristal, quiso descubrir si algún color del espectro conducía más calor que los demás, para ello utilizó termómetros en diferentes regiones del espectro y utilizó un termómetro adicional para tener un marco de referencia, allí encontró que la luz roja es más caliente que la azul, sin embargo encontró algo más en el termómetro de control este registraba una temperatura mayor, allí descubrió un tipo nuevo de luz a la que llamó infrarroja y que como menciona (cosmos: una odisea en el espacio tiempo, 2014)”nuestros ojos no son sensibles a este tipo de luz, pero nuestra piel si, la percibimos como calor.”

Por aquella época se consideraba que la luz era una onda, pero no se tenía claro de qué tipo, hasta que en 1865 un científico escocés llamado James Clerk Maxwell, teniendo en cuenta los trabajos realizados sobre electricidad y magnetismo por Oersted, Ampere y

Faraday, publicaría un artículo titulado “A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field” en el cual anunciaría la llamada “síntesis de Maxwell” que como menciona (Beléndez, 2008) “constituye uno de los mayores logros de la física, pues no solamente unificó los fenómenos eléctricos y magnéticos, sino que permitió desarrollar toda la teoría de las ondas electromagnéticas, incluyendo la luz” de esta manera queda establecida la luz como onda electromagnética.

A finales del siglo XIX, la comunidad científica tenía la creencia de que la luz se propagaba por medio de un material llamado “éter”, y cuya existencia no se podía comprobar, debido a la velocidad que tiene la luz. Hasta que en año 1887 los físicos Albert Abraham Michelson y Edward Morley, se propusieron determinar la existencia de este material, de esta manera como menciona (Hawking y Jou, 2002, p.5) “Se creía que la luz se propagaría por el éter con una velocidad fija, pero que si un observador viajaba por el éter en la misma dirección que la luz, la velocidad de ésta le parecería menor, y si viajaba en dirección opuesta a la de la luz, su velocidad le parecería mayor”

Para comprender un poco mejor esta premisa Michelson formuló una analogía que comento a su hija y que consistía en:

“Supongan que tenemos un río de ancho w (digamos, 100 metros), y dos nadadores que nadan a la misma velocidad v en metros por segundo (digamos 5 metros por segundo). El río está fluyendo a una velocidad constante, digamos a 3 metros por segundo. Los nadadores compiten en la siguiente forma: los dos parten del mismo punto en una ribera. Uno nada directamente atravesando el río hasta el punto más cercano en la ribera opuesta, después se da la vuelta y nada de regreso. El otro permanece en un solo lado del

río, nadando río arriba una distancia (medida a lo largo de la ribera) exactamente igual al ancho del río, después nada de regreso a su punto de partida. ¿Quién gana?”

El experimento se realizó en la Case School of Applied Science, en Cleveland, Ohio y como lo menciona Stephen Hawking en su libro “El universo en una cascara de nuez” consistió: “en que compararon la velocidad de la luz de dos rayos mutuamente perpendiculares. Cuando la Tierra gira sobre su eje y alrededor del Sol, el aparato se desplaza por el éter con rapidez y dirección variables”. Pero al contrario de lo que ellos esperaban el resultado daba a entender que la velocidad de la luz era siempre la misma, independientemente de la posición de la tierra, lo cual causó que el experimento fallara en su objetivo de demostrar la existencia del éter.

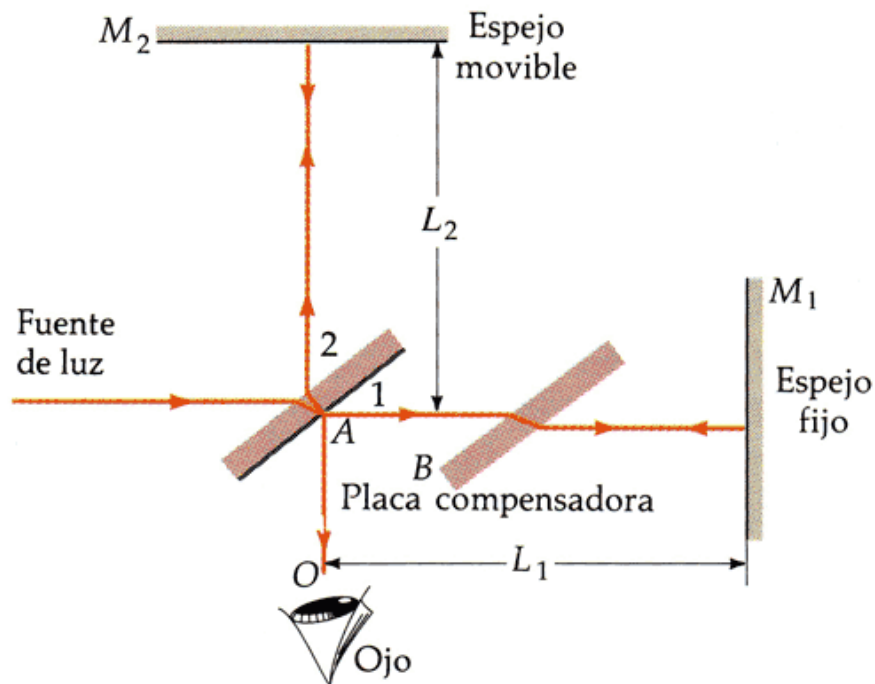


Figura 4 Interferómetro de Michelson

Recuperado de: <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/el-viento-del-ter-lumifero-y-el-experimento-de-michelson-morley-10195>

El espectro electromagnético es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas que son posibles, este incluye desde las de frecuencias bajas donde se encuentran las usadas por la radio hasta las frecuencias altas donde se ubican los rayos gamma, las primeras cubren longitudes de onda en magnitudes de miles de kilómetros, mientras que las frecuencias altas poseen longitudes de onda del tamaño del núcleo de un átomo.

El espectro electromagnético se clasifica por longitud de onda como menciona (Pérez, 2008)” la radiación electromagnética se clasifica por la longitud de onda: ondas de radio, microondas, infrarroja y región visible, que percibimos como luz, rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma.”

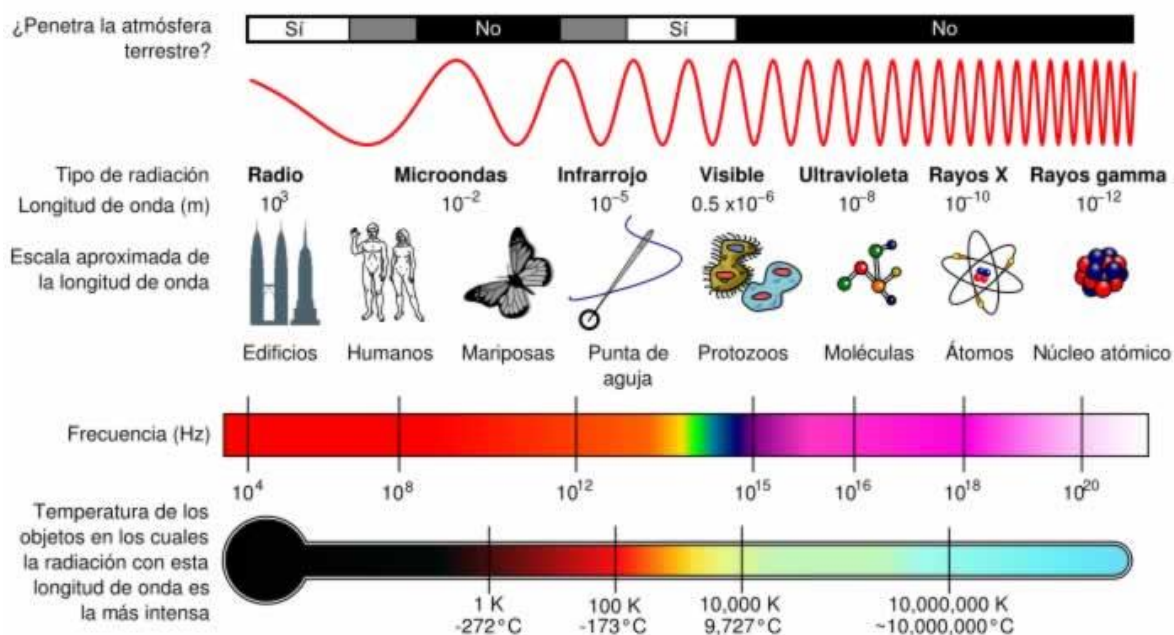


Figura 5 Espectro electromagnético

Recuperado de http://www.espectrometria.com/espectro_electromagnético

A principios del siglo XX un físico alemán, llamado Albert Einstein, propondría una teoría que se convertiría en uno de los avances científicos más importantes de la historia, y que daría gran importancia al experimento realizado por Michelson – Morley, a pesar de que este no haya tenido los resultados esperados. La teoría de la relatividad, tiene básicamente dos postulados:

1. Principio de la relatividad:

- Todas las leyes de la física son válidas para todos los sistemas inerciales.

2. Principio de constancia de la Velocidad de la Luz

- La velocidad de la luz en el vacío es igual para todos los observadores y tiene el valor de 299.792,458 km/s, independientemente del estado de movimiento de la fuente.

El segundo postulado sería el que daría crédito al fallido experimento de Michelson y Morley ya que como lo dice (Janssen, 2015, pp.1-2) en su artículo “Breve repaso de la relatividad especial”

”Querían medir la velocidad de la Tierra con respecto al éter: suponiendo que la velocidad de la luz con respecto al éter es c y la de la Tierra alrededor del Sol es v , la velocidad de la luz medida en la Tierra debería ser $c - v$ o $c + v$, dependiendo de si se mide en la dirección de movimiento de la Tierra, o la dirección opuesta. Los resultados experimentales sin embargo siempre median la misma velocidad c ”. De esta manera este experimento se transformó en una comprobación de la relatividad especial.

2.2.9 Metodología

Dentro de las metodologías existentes para la elaboración de cualquier proyecto enfocado al desarrollo de software, se encuentran las metodologías ágiles, que como mencionan el artículo “las 8 grandes ventajas de las metodologías ágiles” (Martínez E. 2014) “son aquellas que permiten adaptar la forma de trabajo a las condiciones del proyecto, consiguiendo flexibilidad e inmediatez en la respuesta para amoldar el proyecto y su desarrollo a las circunstancias específicas del entorno”, dentro de estas se encuentra la metodología Scrum con la que se desarrolló el presente trabajo de grado y que se basa en construir la funcionalidad de mayor importancia del proyecto y con constantes revisiones ir añadiendo o modificando tareas asignadas a los participantes.

La metodología Scrum está dirigida al trabajo en equipo proponiendo unos roles para los integrantes, entre los cuales encontramos el Scrum Master, el cual se encarga de revisar que el trabajo del equipo marche de acuerdo a lo indicado y de resolver o manejar cualquier problema que el equipo de desarrollo haya encontrado, otro rol que se encuentra es el de Development Team Members el cual se encarga de escribir y desarrollar el código y en general todas las funciones del software, por ultimo encontramos el Product Owner quien se encarga de desarrollar, mantener y priorizar las tareas.

La unidad de trabajo que se utiliza es el Sprint el cual son iteraciones que se llevan a cabo por todos los miembros, se pueden realizar varios en un proyecto y esto depende de las necesidades del mismo, comienza con el compromiso por parte de los miembros a realizar las tareas y finaliza con entregables, el tiempo de un sprint puede variar entre una y cuatro semanas.

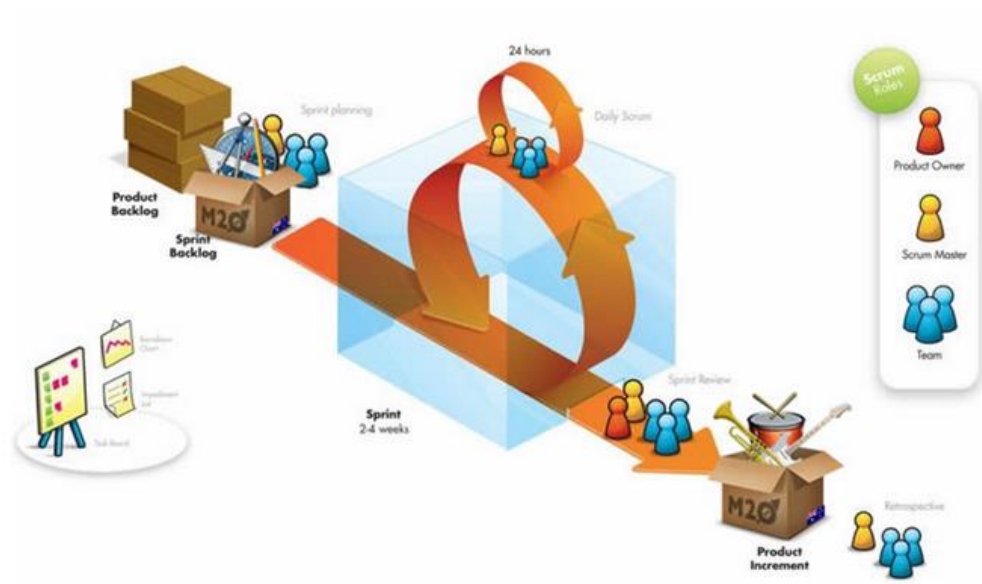


Figura 6 Esquema de metodología Scrum

Recuperado de: <https://ingsoftwarekarlacevallos.wordpress.com/2015/05/08/metodologia-de-desarrollo-agil-xp-y-scrum/>

Capítulo 3 Desarrollo

1.4 Descripción general

Se realizó una herramienta de apoyo para el estudio de la naturaleza de la luz mediante una aplicación de realidad virtual inmersiva, la cual consta de siete escenarios, cada uno contiene material audiovisual, que permite explicar al usuario la dinámica de funcionamiento de cada uno, además de recrear los sucesos. Se presentan los contenidos a modo de línea de tiempo, mencionando personajes que hicieron aportes importantes al desarrollo de este campo y mostrando experimentos que permitieron comprobar algunas propiedades de la luz, en algunos casos particulares el usuario podrá modificar y controlar algunos aspectos.

Para la implementación de este trabajo se utilizó el motor de videojuegos Unity 3D, para ello, se usó el SDK de Google que permite realizar la estereoscopia en la cámara principal, con el fin de convertir la aplicación a formato de gafas de VR para Android, la parte de programación se realizó en lenguaje C Sharp, en la parte de hardware se trabajó con las gafas Cardboard de Google y el celular Huawei P8 Premium.

La aplicación cuenta con siete escenarios, cada uno cuenta con una narración que describe la forma de hacer el recorrido y cómo usar un punto que aparece en pantalla llamado retícula utilizado en situaciones particulares para tomar decisiones. Previo a los escenarios de experimentos, se ejecutan algunas escenas con material audiovisual que cumplen una función descriptiva de otros personajes y sus respectivos aportes que permiten dar contexto a la situación por observar.

Al finalizar cada escenario se encuentra un menú que permite repetir, acceder al siguiente escenario, al anterior o volver al menú principal, además de ello, se programaron mecánicas que le permiten al usuario visualizar y controlar algunos sucesos de los experimentos. A continuación se hace una breve descripción de cada uno:

Escenario 0 – galería/menú principal: Presenta de forma general la aplicación y la manera de manipularla, allí, se encuentran imágenes de los personajes las cuales permiten inicial el recorrido o acceder al escenario correspondiente.

Escenario 1 – Ibn Alhazen: describe la concepción greco-romana de la luz en la antigüedad, luego presenta a Ibn Alhazen retomando estas ideas, donde se recrea el experimento de la cámara oscura.

Escenario 2 – Isaac Newton: menciona algunos de los personajes más representativos del siglo XVII con relación al estudio de la luz y la óptica, para luego presentar a Isaac Newton y recrear el experimento que le permitió descubrir el espectro visible, utilizando un prisma.

Escenario 3 – Thomas Young: menciona a Christiaan Huygens y su inconformidad con la teoría corpuscular de la luz, llevándolo a proponer la teoría ondulatoria, luego se presenta a Thomas Young quien retomando el trabajo de Huygens realizó el experimento de la doble rendija, el cual, confirmó que la luz se comporta como una onda. Finalmente se mencionan los trabajos de Agustín Fresnel quien sintetizó los trabajos de Huygens y Young concluyendo el comportamiento ondulatorio de la luz.

Escenario 4 – William Herschel: Se retoma el experimento de Isaac Newton para descomponer la luz mediante un prisma, luego se recrea la manera en que Herschel midió la temperatura de varias franjas del espectro visible y al observar un termómetro adicional que

se encontraba como marco de referencia se observa una temperatura mayor, con lo que se descubre la luz infrarroja, cuyo concepto es utilizado para explicar el espectro electromagnético.

Escenario 5 – Michelson-Morley: Se recrea el experimento que buscaba comprobar la existencia del éter, para ello se observa una animación de la manera en que funciona el interferómetro de Michelson, cambiando las condiciones del experimento.

Escenario 6 – Faraday-Maxwell: Se menciona el trabajo realizado por Michael Faraday donde señala que los efectos eléctricos y magnéticos asociados a la materia tienen influencia sobre la propagación de la luz, trabajo que luego es retomado por James Clark Maxwell quien logra sintetizarlo unificando los fenómenos eléctricos y magnéticos lo cual permite desarrollar una teoría de ondas electromagnéticas donde se incluye la luz.

Escenario 7 – Albert Einstein: Presenta los postulados que propone Albert Einstein para la teoría de la relatividad y que retomando lo realizado por Michelson-Morley plantea la velocidad de la luz como una constante universal, y donde el tiempo es una variable que depende del movimiento y la velocidad.

Para la música de fondo en los guiones presentados en cada escenario se utilizaron obras con licencia Creative Commons (Jamendo Music, 2017), como se presenta en la tabla 1:

Tabla 1 *Audios utilizados en la aplicación*

Titulo	Autor	Duración	Escenario
Epic Action Hero	Akashic Records	00:02:25	Galería/menú principal
Dawid Jaworski Hero s Destiny	Dawid Jaworski;	00:02:18	Alhazen- primera parte
Arabian Nights	Akashic Records	00:03:57	Alhazen- segunda parte
La chanson du ciel bleu	RoeAudionews	00:07:14	Newton- primera parte
Longtime	Reman	00:04:47	Newton- segunda parte
War Inside Us Cinematic	ANtarcticbreeze	00:03:36	Herschel
Ethereal Tin Whistle	Carlos Estella	00:02:13	Young- primera parte
Verdun	Grégoire Lourme	00:05:05	Young- segunda parte
Swords of Fire	Grégoire Lourme	00:03:24	Young- tercera parte

Truce and Fraternity	Grégoire Lourme	00:03:46	Michelson- Morley
We're Leaving Now	Nico Maximilian	00:03:43	Faraday- Maxwell
War Inside Us Cinematic	ANtarcticbreeze	00:03:36	Einstein

Las mecánicas como se menciona en las descripciones de cada escenario permiten recrear experimentos y sucesos, y en casos particulares ofrece al usuario la posibilidad de manipular de forma inmersiva algunas características de los acontecimientos, en las siguientes imágenes se describen algunas de las mecánicas presentes en la aplicación.



Figura 7 Mecánicas escenario Galería

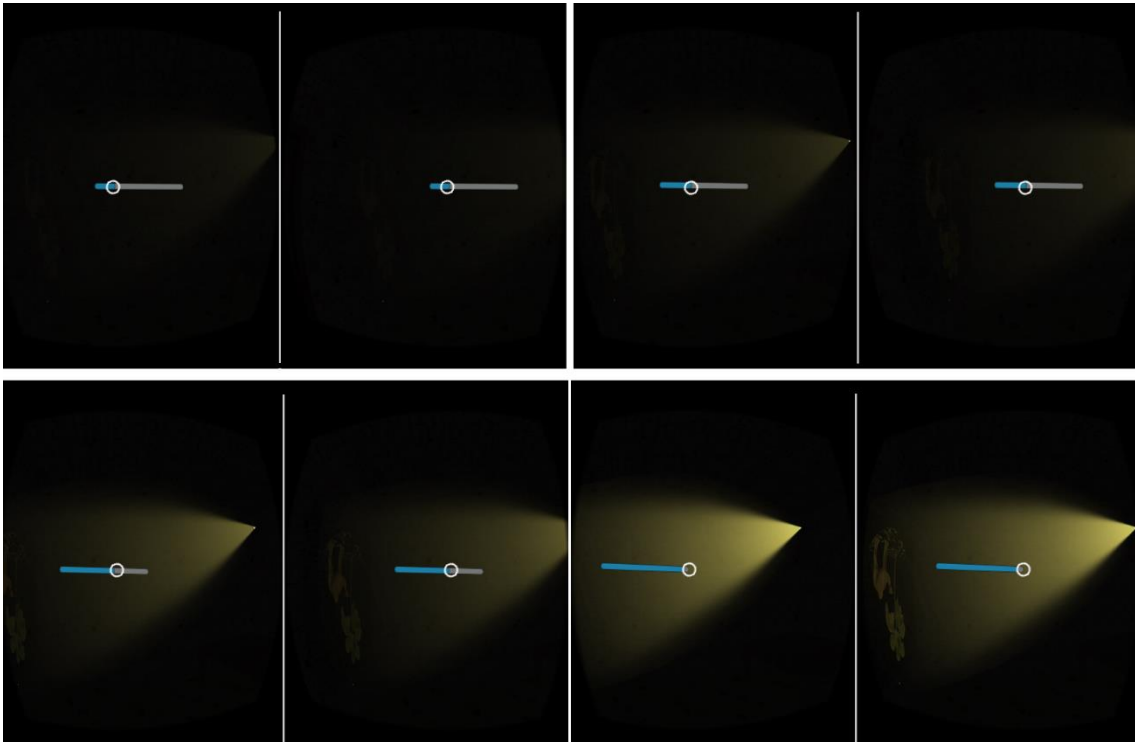


Figura 8 Mecánicas escenario Alhazen



Figura 9 Mecánicas de interacción entre escenas

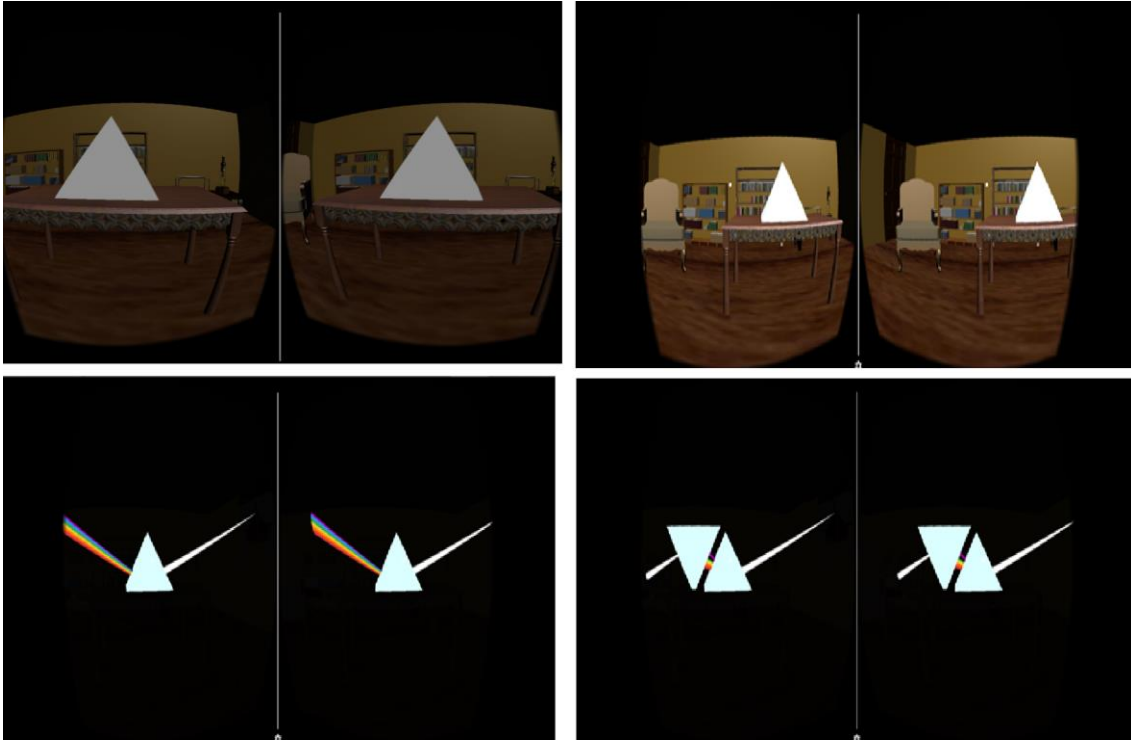


Figura 10 Mecánicas escenario Isaac Newton

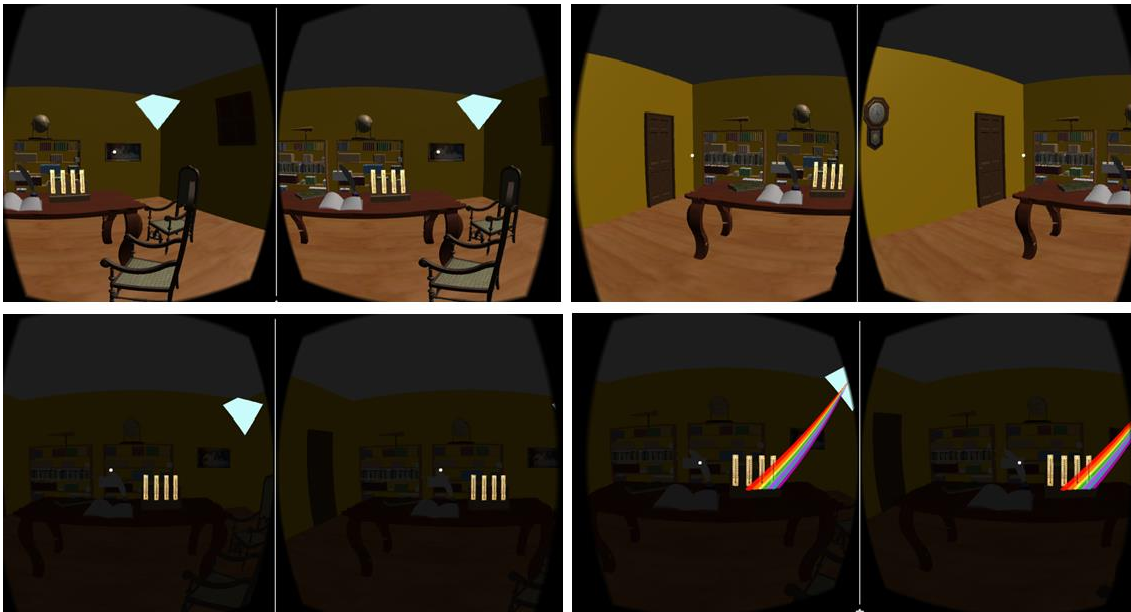


Figura 11 Mecánicas escenario William Herschel

3.2 Descripción de los escenarios

3.2.1 Escenario 0 – galería/menú principal

Es el primer escenario, en el cual se presenta el tema que se abordará a lo largo de la aplicación, realizando una breve introducción con el fin de captar la atención del usuario, allí encontrará fotos de personas que hicieron aportes significativos al estudio de la naturaleza de la luz, para continuar el recorrido basta con apuntar la retícula hacia cualquier imagen y esperar un breve tiempo, sin embargo se sugiere al usuario comenzar con la primera a la izquierda dado que están organizadas en orden cronológico, luego se realiza la transición que permitirá al usuario acceder al escenario correspondiente.

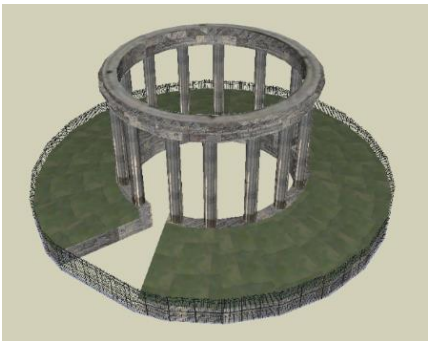
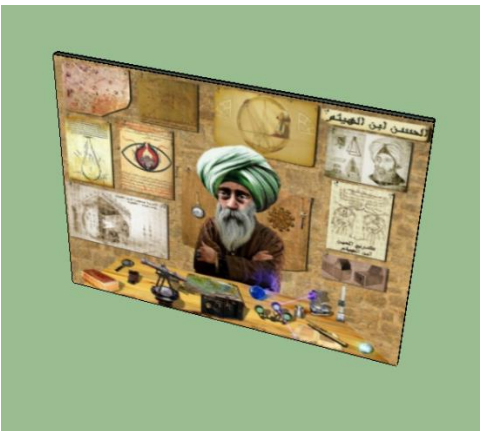



Figura 12 Escenario 0 – galería/menú principal

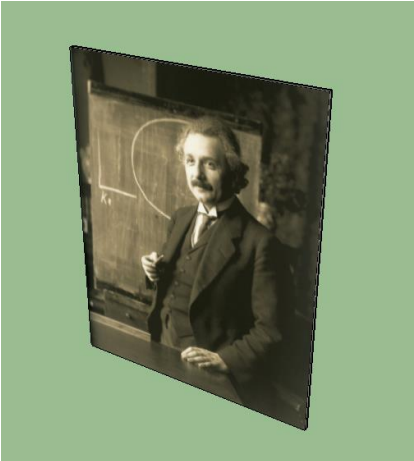
Tabla 2. *Scripts Escenario 0 – galería/menú principal*

Nombre del script	Función	Variables
Imagen_load	Modifica la escala del objeto, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tiempo de carga Escenario siguiente Tamaño inicial Tamaño final
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera

Tabla 3 Modelos 3D Escenario 0 – galería/menú principal

Modelo	Nombre	Función
	Rotonda	Estructura principal
	Cuadro Ibn Alhazen	Permite avanzar al escenario de Ibn Alhazen utilizando la retícula.
	Cuadro Isaac Newton	Permite avanzar al escenario de Isaac Newton utilizando la retícula.

	<p>Cuadro de William Herschel</p>	<p>Permite avanzar al escenario de William Herschel utilizando la retícula.</p>
	<p>Cuadro de Thomas Young</p>	<p>Permite avanzar al escenario de Thomas Young utilizando la retícula.</p>
	<p>Cuadro de Michelson-Morley</p>	<p>Permite avanzar al escenario de Michelson-Morley utilizando la retícula.</p>

	<p>Cuadro de Albert Einstein</p>	<p>Permite avanzar al escenario de Einstein utilizando la retícula.</p>
---	----------------------------------	---

3.2.1.3 Guion del Escenario 0 – galería/menú principal

—A través de la historia, la luz ha causado gran admiración en el ser humano, y al mismo tiempo ha generado curiosidad conocer su naturaleza.

—Acompáñanos a ver algunos momentos clave que permitieron despejar el camino en busca de la comprensión de este fenómeno.

—En esta galería podrás ver las fotografías de aquellos hombres que contribuyeron al estudio del fenómeno de la luz.

—Partiendo desde el año 900 hasta principios del siglo XX en orden cronológico de izquierda a derecha.

—Para comenzar el recorrido, apunta hacia la primera fotografía con la retícula que aparece en la pantalla.

3.2.2 Escenario 1 – Ibn Alhazen

Este escenario se compone de dos partes, la primera describe la concepción greco-romana de la luz en la antigüedad, allí el usuario encontrará una animación que recrea dichos postulados tomando tres escuelas: pitagórica, atomistas y platónica, luego se hace mención a Euclides quien daría las bases para la óptica geométrica.

La segunda parte presenta a Ibn Alhazen retomando los trabajos de Aristóteles y Euclides, mientras se observa una habitación en la que a través de unas celosías ingresa la luz del sol, posteriormente se realiza el experimento de la cámara oscura, donde un objeto rectangular modificará sus dimensiones para moverse hacia la pared y cubrirla de tal manera que solo ingrese luz a través de un pequeño orificio, permitiendo observar cómo se genera una imagen de los objetos que se encuentran al exterior de la habitación.

Mientras se mencionan otras observaciones realizadas por Alhazen, el usuario podrá modificar mediante un deslizador el tamaño del orificio que permite entrar la luz, lo cual ajusta o distorsiona la imagen. Por último aparecerá en la parte inferior un menú donde se podrá reiniciar el escenario, pasar al siguiente o volver al menú principal.

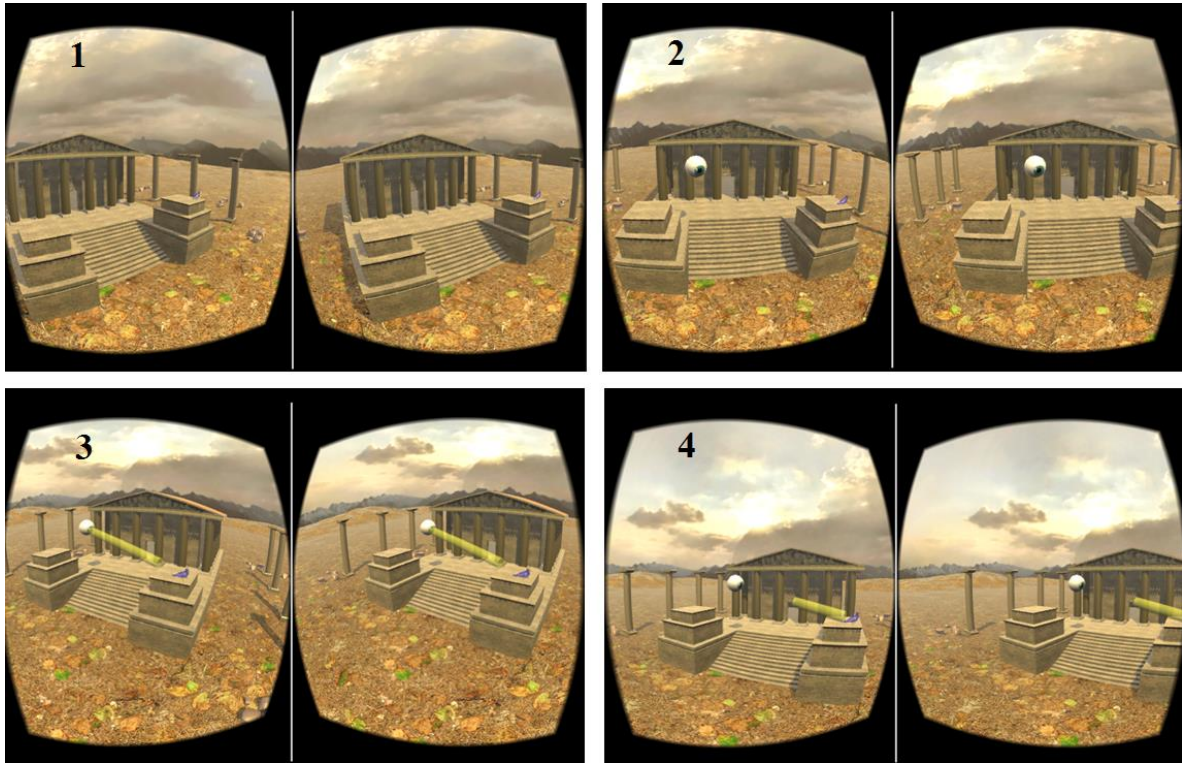


Figura 13 Escenario Alhazen primera parte

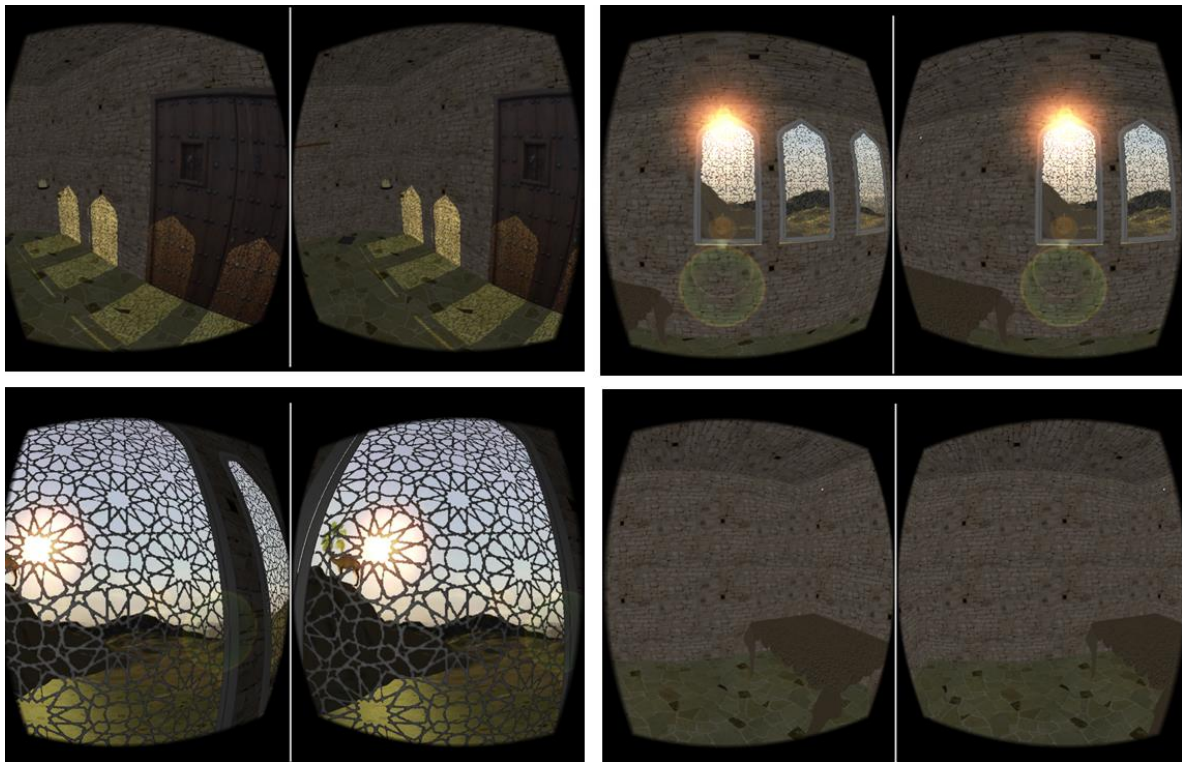


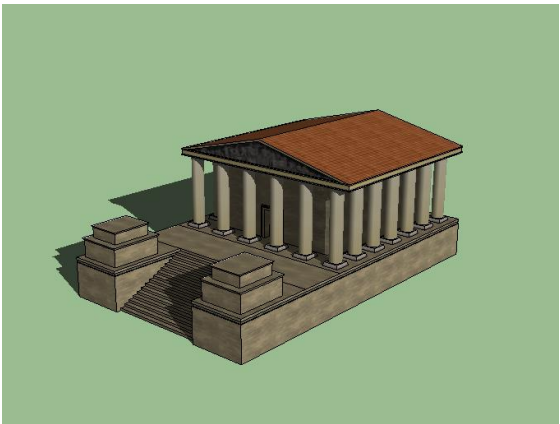
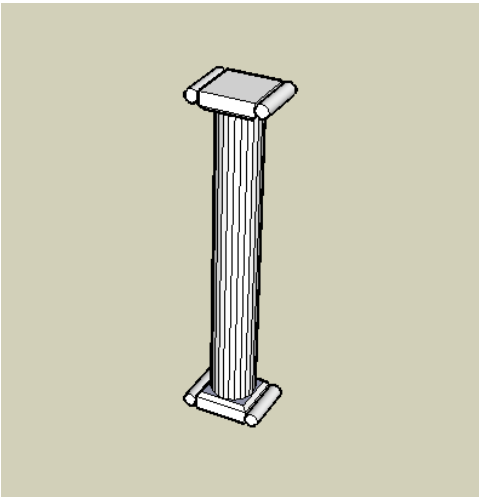
Figura 14 Escenario Alhazen segunda parte

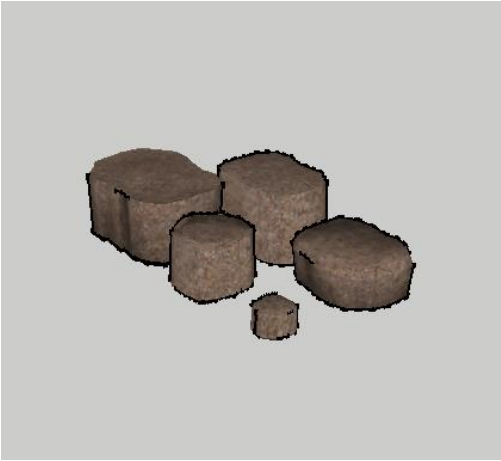
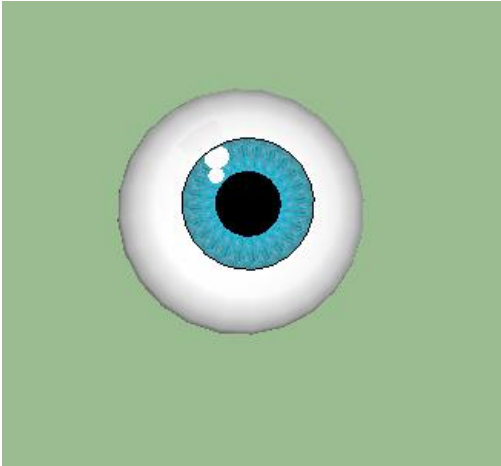
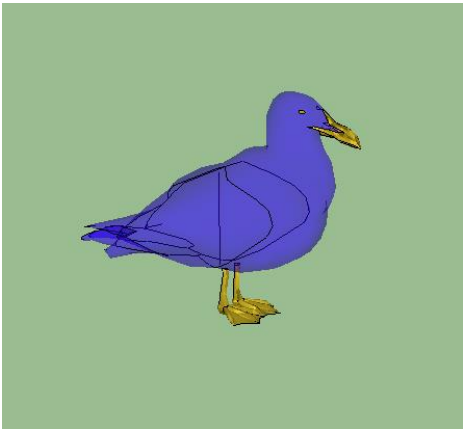
Tabla 4 *Scripts Escenario 1 – Ibn Alhazen*

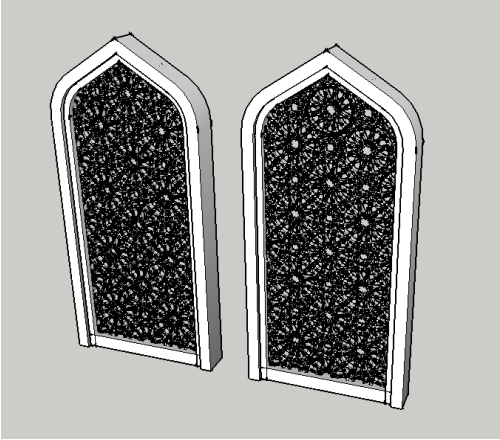


Nombre del script	Función	Variables
Cambio_luz	<p>Modifica la luz de ambiente en el escenario de manera progresiva entre dos colores y un tiempo establecido.</p> <p>También transforma la transparencia mediante el valor alpha.</p>	<p>Tiempo</p> <p>Color inicial</p> <p>Color final</p> <p>Intensidad inicial</p> <p>Intensidad final</p>
Transparencia	Modifica la transparencia del objeto en un tiempo determinado.	<p>Tiempo</p> <p>Valor inicial</p> <p>Valor final</p>
Deslizador	<p>Permite modificar el valor de un deslizador mediante la retícula.</p> <p>Modifica los valores del deslizador para ajustarlos al rango de valores en otro objeto, por ejemplo el valor alpha de un material.</p>	<p>Tiempo en llenar</p> <p>Offset</p> <p>Valor máximo</p>
Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y	<p>Tiempo transformación</p> <p>Escenario siguiente</p>

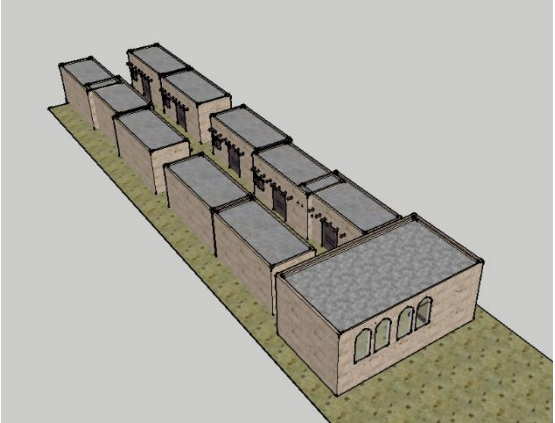


	cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tamaño inicial Tamaño final
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos.	Tiempo de espera
Habilitador	Habilita un objeto en el escenario luego de un tiempo establecido.	Tiempo espera objeto

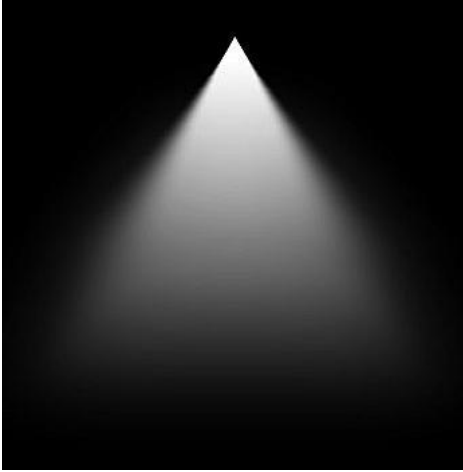
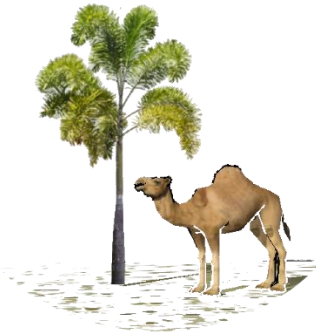
Tabla 5 *Modelos 3D Escenario 1 – Ibn Alhazen*

Modelo	Nombre	Función
	Monumento	Ambientación
	Columna	Ambientación

	Rocas	Ambientación
	Ojo	Utilizado para explicar concepto de luz en la antigüedad.
	Ave	Utilizado para explicar concepto de luz en la antigüedad.

	Celosías	Permite pasar la luz del sol.
	Dromedario	Referencia para imagen en cámara oscura
	Palmera	Referencia para imagen en cámara oscura

	<p>Habitaciones</p>	<p>Habitación donde se desarrolla la cámara oscura</p>
	<p>mesa</p>	<p>ambientación</p>
	<p>velas</p>	<p>Ambientación</p>

	<p>Haz de luz</p>	<p>Representa la luz entrando por una abertura a la cámara oscura.</p>
	<p>Imagen de pared</p>	<p>Representa la imagen generada en la pared de los objetos externos a la cámara.</p>
	<p>Cortina</p>	<p>Elemento que cambia sus dimensiones y posición para impedir el paso de la luz en la habitación.</p>

3.2.2.3 Guion del Escenario 1 – Ibn Alhazen

Primera parte

—La filosofía del mundo greco-romano en el siglo V y IV AC dejó un gran legado para la humanidad, entre los objetos de estudio se encontraba lo relacionado al hombre y la manera en que funciona.

— ¿Cómo se le hace para ver?, era uno de los interrogantes, aunque la prioridad era la visión, la luz estaba relacionada directamente.

—De esta manera algunos trataban de dar explicación a ambos fenómenos, así aparecen tres escuelas.

—La primera llamada pitagórica sostenía que la luz era emitida por el ojo humano.

—La segunda hace referencia a los atomistas de la escuela de Demócrito, la cual aseguraba que por el contrario eran los objetos los que emitían luz hacia los ojos.

—Así llegamos a la tercera escuela que era la escuela platónica, a la que pertenecía Empédocles, quien argumentaba que la luz era una mezcla entre las dos teorías anteriores.

—Para entonces también sucedió que otros personajes modificaban o daban explicaciones diferentes al mismo fenómeno.

—Por ejemplo Leucippo di Mileto sostenía que los objetos enviaban alguna cosa a nuestra alma para que pudiéramos percibirlos, lo que más adelante los pitagóricos llamarían “fuego” invisible.

—De esta manera llegamos a Euclides quien era matemático y que realizó algunos postulados sobre óptica en los cuales se menciona el concepto de “rayo”, que es emitido, se propaga y viaja en línea recta hasta encontrar el objeto, lo que constituyó las bases de la óptica geométrica.

Segunda parte

—El personaje que veremos nació en Basora, lo que hoy es territorio de Irak, en el año 965DC, época conocida como la edad de oro de la ciencia en el mundo islámico.

—Se trata de Ibn Alhazen, a quien se le atribuye una metodología similar al método científico, y quien se preguntó, ¿Cómo vemos?

—Hasta ese momento se creía que unos rayos salían de nuestros ojos, viajan hasta el objeto y regresaban para formar la imagen.

—Retomando los trabajos de Aristóteles y Euclides fue uno de los primeros en estudiar las características de la luz y la manera en que funciona la visión.

—De esa manera logró realizar la cámara oscura, la cual consistía en mantener una habitación totalmente cerrada, y solo permitir el paso de la luz a través de una abertura o agujero en una de las paredes, luego de cumplir estas condiciones se crea un reflejo o imagen de objetos que se encuentran al exterior en la pared opuesta.

—Este sería más adelante el principio de la fotografía.

—Gracias a ello pudo observar que la luz viaja en línea recta.

—Por otro lado, encontró que mientras más grande fuera el orificio por donde entraba la luz más borrosa sería la imagen.

—Utiliza el deslizador para variar el tamaño del orificio en la pared.

—Dirige el punto en la pantalla hacia el deslizador para modificar su valor.

—Observa cómo cambia la imagen.

—Alhazen explico que debido a que la luz viaja en línea recta la imagen queda invertida.

—La cámara oscura también le permitió explicar la visión afirmando que la luz no es emitida sino sólo detectada por los ojos.

—De esta manera separó la luz de la visión, declarando que la luz existe independientemente de la visión.

—Gracias a este descubrimiento y a otros aportes que realizó se considera a Alhazen como uno de los padres de la óptica moderna.

—En la parte inferior encontrarás un menú que te permitirá repetir la escena, regresar al menú principal, pasar al siguiente escenario o al anterior.

3.2.3 Escenario 2 – Isaac Newton

Este escenario consta de dos partes, la primera muestra imágenes de algunos de los personajes más representativos del siglo XVII con relación al estudio de la luz y la óptica, la segunda parte presenta a Isaac Newton, donde utilizando un prisma se recrea el experimento que le permitió descubrir el espectro visible, el cual consiste en hacer pasar un haz de luz a través de un prisma y luego observar cómo se descompone en varios colores.

Al ingresar a la segunda parte, el usuario escuchará una breve descripción de Newton mientras observa la habitación, la cual contiene entre otras cosas un retrato de Isaac, estantes con libros, notas y un péndulo. Luego se oscurece la habitación con la finalidad de observar la descomposición de la luz mediante un prisma, este experimento se realiza mediante una animación en cámara lenta (aclarando que la velocidad de la luz es

constante), adicionalmente se agrega otro prisma para obtener nuevamente luz blanca y así comprobar que este no agrega nada a la luz.

Por último el usuario puede escoger que color del espectro pasa por el segundo prisma, con el fin de mostrar que estos no se pueden descomponer más. Luego de un tiempo aparecerá en la parte inferior un menú donde podrá reiniciar el escenario, pasar al siguiente, al anterior o volver al menú principal.



Figura 15 Escenario Isaac Newton primera parte

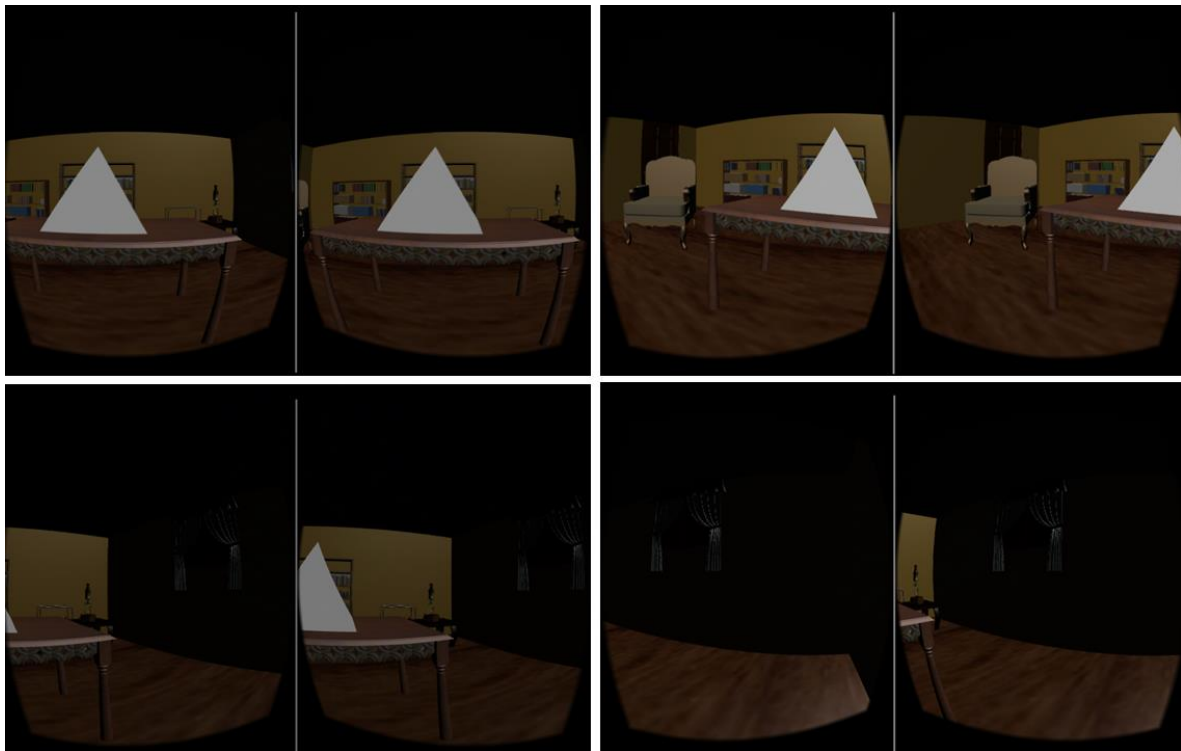




Figura 16 Escenario Isaac Newton segunda parte

Tabla 6 Scripts escenario 2 – Isaac Newton


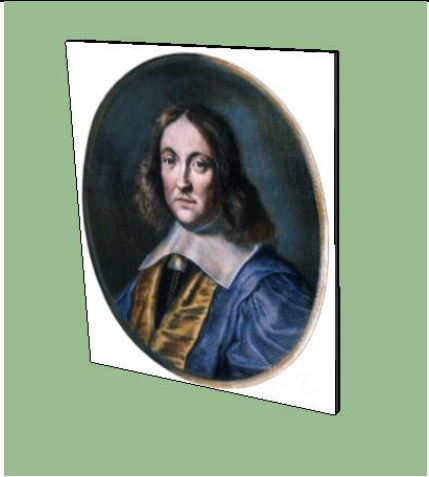

Nombre del script	Función	Variables
Deslizador	<p>Permite modificar el valor de un deslizador mediante la retícula.</p> <p>Modifica los valores del deslizador para ajustarlos al rango de valores en otro objeto, en este caso la posición de una rejilla.</p>	<p>Tiempo en llenar</p> <p>Offset</p> <p>Valor máximo</p>
Cambio_luz	<p>Modifica la luz de ambiente en el escenario de manera progresiva hasta</p>	<p>Tiempo</p> <p>Color inicial</p>

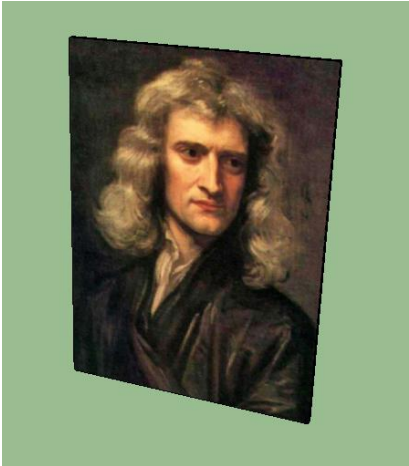

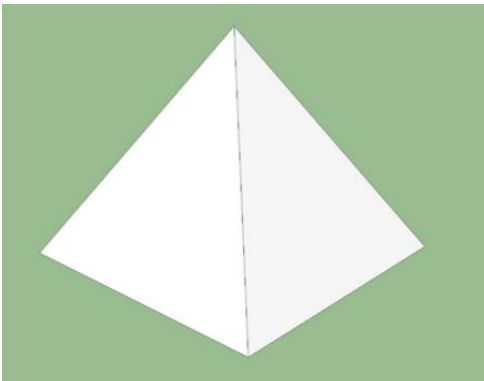
	quedar completamente oscura la habitación.	Color final
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera
Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tiempo transformación Escenario siguiente Tamaño inicial Tamaño final

Tabla 7 Modelos escenario 2 – Isaac Newton

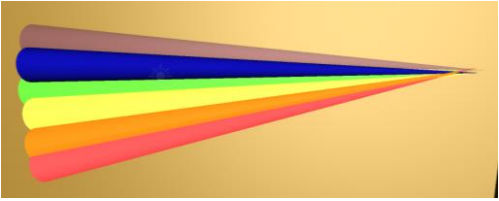
Modelo	Nombre	Función
	Museo	Ambientación
	Cajas	Ambientación

	<p>Cuadro de Johannes Kepler</p>	<p>Aparece cuando es mencionado Johannes Kepler en el audio</p>
	<p>Cuadro de Thomas Harriot</p>	<p>Aparece cuando es mencionado Thomas Harriot en el audio</p>
	<p>Cuadro de James Gregory</p>	<p>Aparece cuando es mencionado James Gregory en el audio</p>

	<p>Cuadro de Rene Descartes</p>	<p>Aparece cuando es mencionado Rene Descartes en el audio</p>
	<p>Cuadro de Pierre de Fermat</p>	<p>Aparece cuando es mencionado Pierre de Fermat en el audio</p>
	<p>Christiaan Huygens</p>	<p>Aparece cuando es mencionado Christiaan Huygens en el audio</p>

	<p>Cuadro de Isaac Newton</p>	<p>Aparece cuando es mencionado Isaac Newton en el audio.</p>
	<p>Globo terráqueo</p>	<p>Ambientación</p>
	<p>Prisma</p>	<p>Permite dividir la luz en el espectro visible</p>

	Microscopio Antiguo	Ambientación
	Silla	Ambientación
	Mesa	Ambientación
	Haz de luz	Representa el rayo de luz que atraviesa el prisma

 <p>Un diagrama que muestra la descomposición de un haz de luz blanca en un espectro de colores. El haz de luz blanca entra desde la izquierda y se divide en sus componentes de color: violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Las franjas de color se expanden a medida que se alejan de la fuente, formando un abanico.</p>	Espectro	Descomposición de la luz
---	----------	-----------------------------

3.2.3.3 Guion del Escenario 2 – Isaac Newton

Primera parte

—A comienzos del siglo XVII nos encontramos con Johannes Kepler quien realizó significativos aportes matemáticos al campo de la óptica, además de descripciones acerca del funcionamiento del ojo humano.

—Tras Kepler, el estudio de la luz y de la óptica a lo largo de los dos primeros tercios del siglo XVII está lleno de importantes nombres: Thomas Harriot, René Descartes, Pierre de Fermat, James Gregory, Isaac Newton, Christiaan Huygens, entre otros. (Robert Hooke)

Segunda parte

— Ha pasado bastante tiempo desde Ibn Alhazen.

—En el año 1666 en Inglaterra Sir Isaac Newton quien estaba fascinado por el fenómeno de la luz, quería entender su naturaleza.

—Newton realizó un experimento que sería importante en sus trabajos, consistió en pasar la luz del Sol a través de un prisma de vidrio, observó que se descompone en los colores del arco iris.

— Así fue como a la edad de 20 años descifró el misterio del arcoíris.

—Observó que la luz solar, o luz blanca es la suma de todos los colores del arcoíris.

—Para comprobar que el prisma no agrega nada a la luz tomó otro prisma, y lo colocó de forma inversa al primero.

—Luego hacía pasar nuevamente todos los colores por el prisma y como resultado volvía a obtener la luz blanca.

—De esta manera demostró experimentalmente que la luz se podía descomponer y componer cuantas veces se quisiera, pero tomando todo el espectro.

—Si tomamos un solo color del espectro y lo pasamos por el prisma este no se descompone en más colores.

—En el caso del arcoíris el agua hace el papel de prisma.

—Estos experimentos le dieron bastante fuerza a la teoría corpuscular de la luz de Newton.

—Sostenía que la luz es un flujo de pequeñísimas partículas o corpúsculos emitidos por las fuentes luminosas, que se movían en línea recta con gran rapidez.

—Utiliza el deslizador para mover la ranura.

—Dirige el punto en la pantalla hacia el deslizador para modificar su valor.

—Observa cómo cambia la luz obtenida.

—En la parte inferior encontrarás un menú que te permitirá repetir la escena, regresar al menú principal, pasar al siguiente escenario o al anterior.

3.2.4 Escenario 3 – Thomas Young

Este escenario se compone de tres partes, la primera menciona a Christiaan Huygens y su inconformidad con la teoría corpuscular de la luz, llevándolo a proponer la teoría ondulatoria, luego en la segunda parte se presenta a Thomas Young quien retomando el trabajo de Huygens realizó el experimento de la doble rendija, el cual, confirmó que la luz se comporta como una onda.

El experimento consiste en oscurecer la habitación para luego emitir una luz monocromática que pasa por dos ranuras y genera un patrón de interferencias que se observa en una pared opaca, dicho patrón es característico de las ondas, el usuario podrá modificar la distancia entre las dos ranuras y de esta manera ver cambios en el patrón de interferencia .

Finalmente en la tercera parte se mencionan los trabajos de Agustín Fresnel quien sintetizó los trabajos de Huygens y Young concluyendo el comportamiento ondulatorio de la luz. Por último aparecerá en la parte inferior un menú donde podrá reiniciar el escenario, pasar al siguiente, al anterior o volver al menú principal.

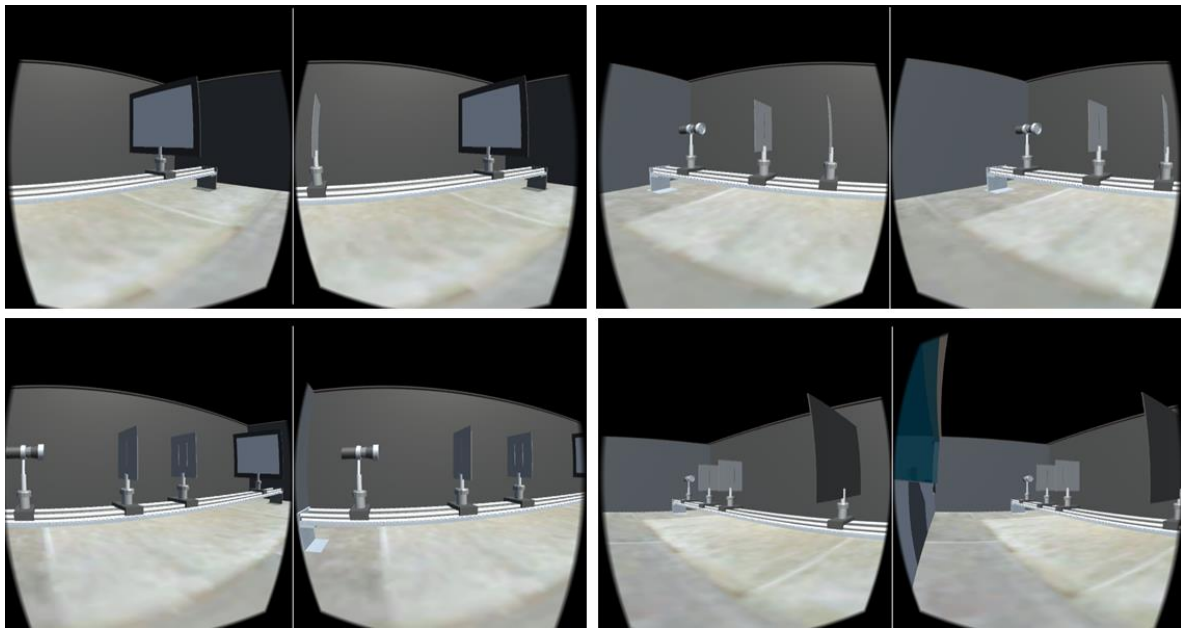


Figura 17 Escenario Thomas Young

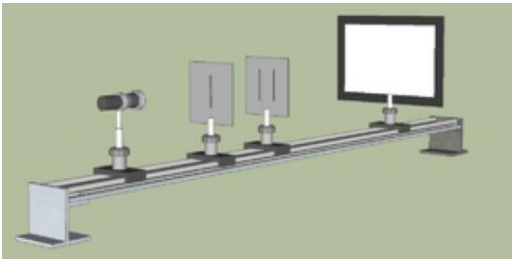
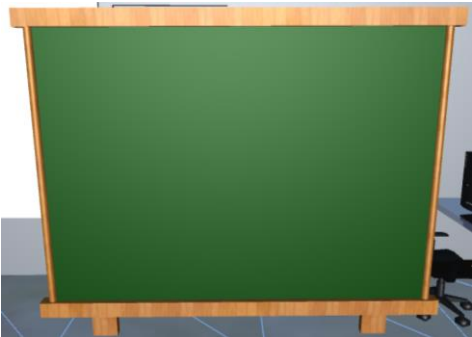
Tabla 8 Scripts escenario 3 – Thomas Young

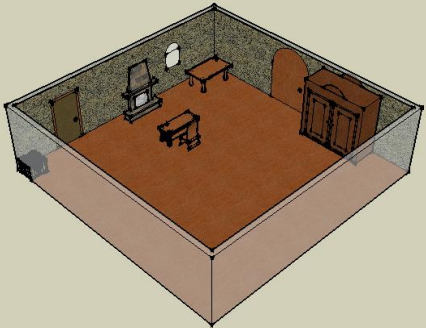

Nombre del script	Función	Variables
Fuente_luz	Enciende una fuente de luz progresivamente luego de un tiempo establecido.	Tiempo transparencia inicial transparencia final
Cambio_luz	Modifica la luz de ambiente en el escenario	Tiempo

	de manera progresiva hasta quedar completamente oscura la habitación.	Color inicial Color final
Deslizador	Permite modificar el valor de un deslizador mediante la retícula. Utiliza los valores del deslizador para ajustarlos al rango de valores en otro objeto, en este caso la distancia entre las ranuras de una rejilla.	Tiempo en llenar Offset Valor máximo
Cambio_textura	De acuerdo al valor del deslizador la textura en la pared de interferencias cambia.	Textura Valor_Transparencia
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera
Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase	Tiempo transformación Escenario siguiente

	a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tamaño inicial Tamaño final
--	--	------------------------------------

Tabla 9 *Modelos escenario 3 – Thomas Young*

Modelo	Nombre	Función
	Experimento doble rendija	Recrear el experimento
	Tablero	Ambientación

	<p>Locación</p>	<p>Donde sucede la primera parte del escenario</p>
	<p>Locación</p>	<p>Donde sucede la tercera parte del escenario</p>

3.2.4.1 *Diálogo escenario 3 – Thomas Young*

Primera parte

—Este personaje nació en Holanda en 1629, fue matemático, astrónomo y físico, su nombre era Christiaan Huygens.

—Fue uno de los pioneros en el estudio de la probabilidad.

—Era amante de la astronomía, a tal punto que aprendió a tallar lentes, lo cual lo llevó a diseñar un telescopio en 1655 que le permitió descubrir un satélite que orbita Saturno llamado “titán”.

—Manifestó su desacuerdo con la emisión corpuscular argumentando que el transporte de materia no podía explicar la extrema velocidad de la luz ni el hecho experimental de que los

rayos luminosos se atraviesan unos con otros sin obstaculizar (Welti, 2013; Krapas et al., 2011)

—Esto lo llevar a proponer su teoría ondulatoria de la luz, en su libro “Traité de la lumière” donde explica fenómenos como la reflexión y refracción.

—Debido a la credibilidad que tenía newton por aquella época, su teoría no tuvo mucha acogida en la comunidad científica, y tuvieron que pasar más de 100 años para que el experimento de Young la compruebe.

Segunda parte

—No fue hasta 1801 que un científico inglés de nombre Thomas Young hiciera una demostración de la naturaleza ondulatoria de la luz.

—Retomo los trabajos realizados por Hooke y Huygens que fueron descartados por casi un siglo.

—Probó que en condiciones apropiadas los haces de luz se pueden sumar o anular.

—El experimento consistió en poner una rendija con dos ranuras delante de una fuente de luz.

—Luego la luz incidía sobre una pared opaca.

—Observó el fenómeno de la interferencia, el cual es propio de las ondas.

—Este consiste en que las ondas provenientes de las rendijas se superponen, de tal manera que donde coinciden dos crestas se ve una franja luminosa, pero donde coinciden una cresta y un valle la amplitud se anula y por tanto se ve una franja oscura.

—utiliza el deslizador para variar la distancia entre las ranuras.

—dirige el punto en pantalla hacia el deslizador para modificar su valor.

—observa cómo cambia el patrón de interferencia.

Tercera parte

—Teniendo en cuenta los trabajos realizados por Huygens y Young el físico Francés Augustin Fresnel realizó experimentos similares a los de Young, llegando a la misma conclusión la luz como fenómeno ondulatorio de naturaleza mecánica.

—1815 publicó “Théorie de la Lumière” y posteriormente presenta su teoría ondulatoria en el año 1818 en un congreso de la academia de ciencias de Francia.

—Además de ello, “sintetizó los conceptos de la teoría ondulatoria de Huygens y el principio de interferencia de Young y analizó el fenómeno de la difracción también característico de las ondas y que se presenta cuando una onda es distorsionada por un obstáculo.

—en la parte inferior encontrarás un menú que te permitirá repetir la escena, regresar al menú principal, pasar al siguiente escenario o al anterior.

3.2.5 Escenario 4 – William Herschel

Al ingresar al escenario el usuario escuchará información sobre William Herschel y sus logros, se retoma el experimento de Isaac Newton para descomponer la luz mediante un prisma, con la intención de obtener los colores del espectro, sobre los cuales se situarán algunos termómetros con la finalidad de conocer su respectiva temperatura, para obtener los resultados del experimento, el usuario podrá acercar los termómetros a la pantalla utilizando la retícula, luego de un tiempo se podrá observar un termómetro adicional que se encontraba como marco de referencia en el cual se observa una temperatura mayor, con lo que se descubre la luz infrarroja. A partir de este descubrimiento se da una explicación de

espectro electromagnético y su respectiva clasificación. Al finalizar aparecerá en la parte inferior un menú donde podrá reiniciar el escenario, pasar al siguiente, al anterior o volver al menú principal.

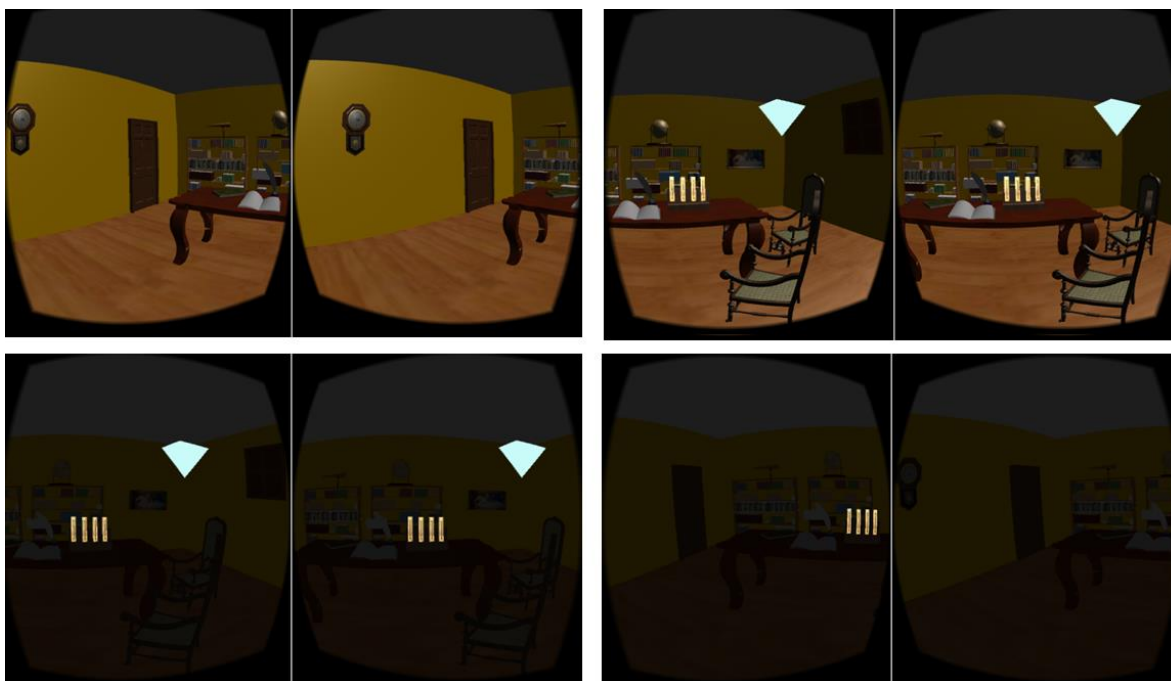


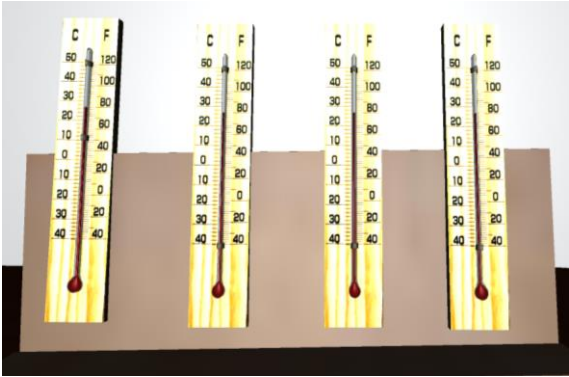


Figura 18 Escenario William Herschel


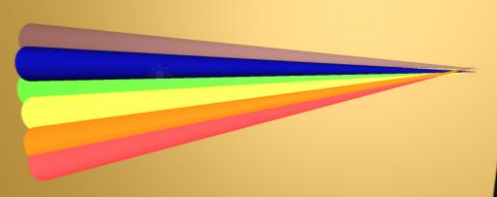

Tabla 10 Scripts Escenario 4 – William Herschel

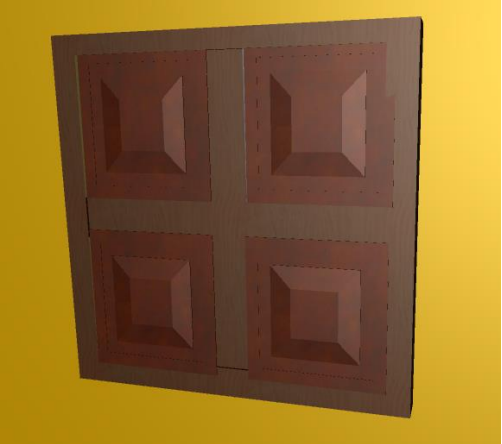
Nombre del script	Función	Variables
termometro_load	Modifica la escala y posición del objeto, para acercarlo a la cámara principal, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño y posición inicial.	Tiempo de carga Tamaño inicial Tamaño final

Cambio_luz	Modifica la luz de ambiente en el escenario de manera progresiva hasta quedar completamente oscura la habitación.	Tiempo Color inicial Color final
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera
Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tiempo transformación Escenario siguiente Tamaño inicial Tamaño final

.Tabla 11 Modelos Escenario 4 – William Herschel

Modelo	Nombre	Función
	Termómetros	Indicar la temperatura que tiene cada color del espectro visible.
	Libro y tinta	Ambientación
	Reloj	Ambientación

	<p>Telescopio</p>	<p>Ambientación</p>
	<p>Prisma</p>	<p>Permite dividir la luz en el espectro visible</p>
	<p>Espectro</p>	<p>Descomposición de la luz</p>
	<p>Pintura</p>	<p>Ambientación</p>

	Ventana	Permite la entrada de la luz.
---	---------	-------------------------------

3.2.5.1 Guion Escenario 4 – William Herschel

—Retomando los trabajos realizados por Newton, un astrónomo alemán de nombre William Herschel en 1800 realizaría un descubrimiento que cambiaría la manera de ver la luz.

—Utilizó el experimento de Newton para descomponer la luz mediante un prisma.

—William estaba interesado en medir la cantidad de calor en cada uno de los colores del espectro y ver si había relación entre ellas.

—Para ello utilizó termómetros en cada segmento del espectro y adicionalmente colocó uno un poco más allá de la parte roja, este con el fin de tener un marco de referencia.

—Dirige el punto en la pantalla hacia los termómetros del espectro para ver los resultados.

—Inicialmente encontró que la luz roja es más caliente que la luz azul.

- Dirige el punto en la pantalla hacia el termómetro de control para ver los resultados.
- Cuando reviso ese termómetro descubrió un nuevo tipo de luz.
- Encontró algo sorprendente.
- La llamo luz infrarroja, la cual es un tipo de luz que no podemos ver pero que percibimos en forma de calor.
- Infra hace referencia a la palabra en latín para debajo.
- Esta sería la primera vez que alguien demuestra que hay formas de luz que no son visibles al ojo humano.
- Sin embargo no es el único tipo de luz que escapa de nuestra visión, existen muchas más y están contempladas dentro de lo que conocemos como espectro electromagnético.
- el espectro electromagnético es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas existentes
- Generalmente se clasifican según su longitud de onda.
- Donde encontramos: ondas de radio, microondas, infrarroja y región visible, que percibimos como luz, rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma.
- cada una posee características particulares que son de utilidad para determinados usos.
- En la parte inferior encontrarás un menú que te permitirá repetir la escena, regresar al menú principal, pasar al siguiente escenario o al anterior.

3.2.6 Escenario 5 – Michelson-Morley

En este escenario se recrea el experimento que buscaba comprobar la existencia del éter, para ello se observa una animación de la manera en que funciona el interferómetro de Michelson, luego el usuario podrá utilizar un selector para cambiar las condiciones del experimento, es decir locaciones diferentes. Luego se hace referencia a que el fracaso de Michelson y Morley terminaría siendo una de las bases de la relatividad de Einstein. Por ultimo aparecerá en la parte inferior un menú donde podrá reiniciar el escenario, pasar al siguiente, al anterior o volver al menú principal.

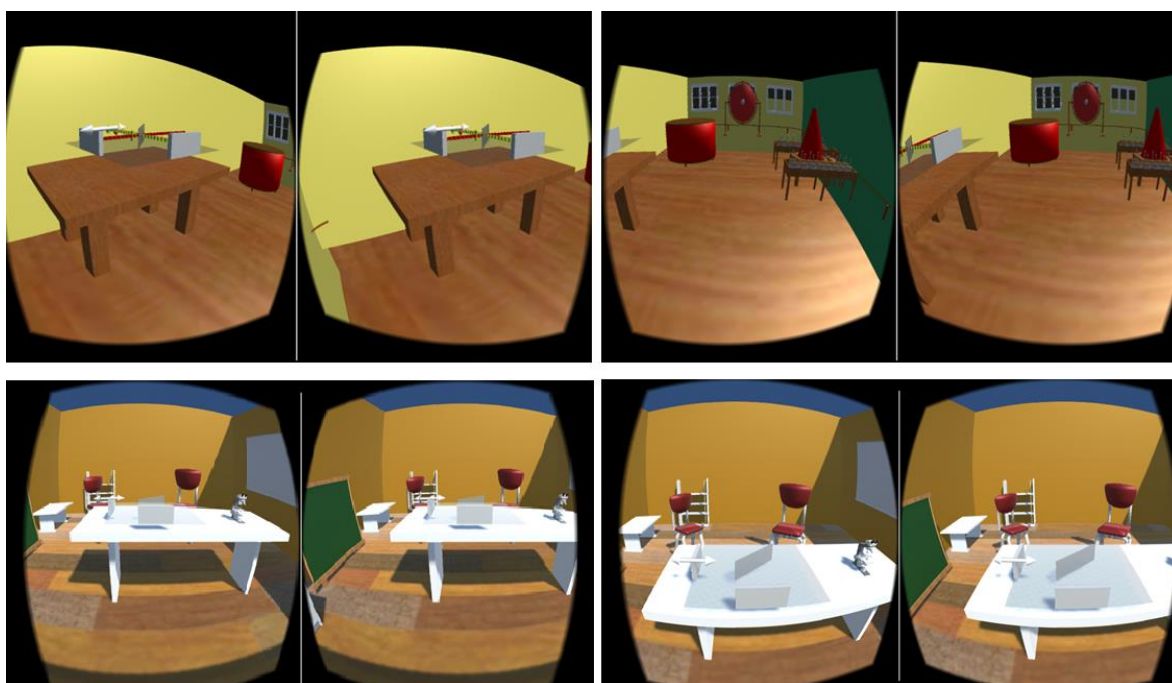


Figura 19 Escenario Michelson Morley

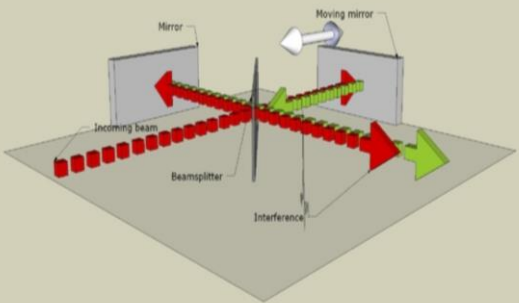
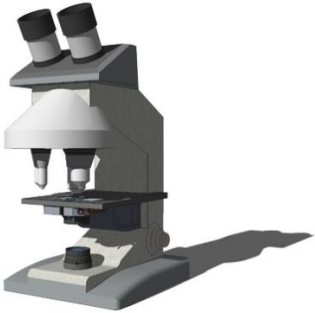
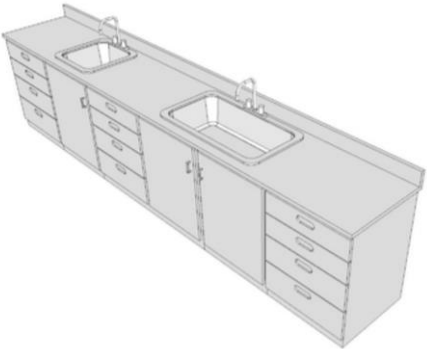
Tabla 12 Scripts escenario 5 – Michelson-Morley

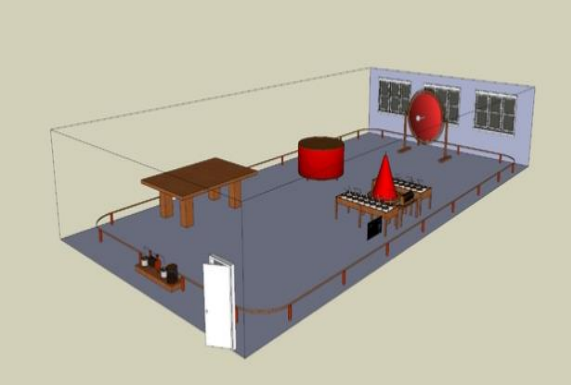
Nombre del script	Función	Variables
experimento_change	Modifica la escala del botón en el selector, para	Tiempo transformación

	que luego de un tiempo cambie el escenario donde sucede el experimento siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Condición experimento Tamaño inicial Tamaño final
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera
Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tiempo transformación Escenario siguiente Tamaño inicial Tamaño final

Tabla 13. *Modelos escenario 5 – Michelson-Morley*

Modelo	Nombre	Función

 <p>The diagram illustrates the Michelson interferometer setup. An 'Incoming beam' (red arrows) enters from the left and hits a 'Beamsplitter'. The beam is split into two paths: one reflecting off a fixed 'Mirror' and the other off a 'Moving mirror' (indicated by a blue arrow). The beams recombine at the beamsplitter, creating an 'Interference' pattern shown as red and green arrows.</p>	<p>Interferómetro de Michelson</p>	<p>Demostrar la existencia del éter</p>
 <p>A 3D rendering of a compound light microscope, showing the eyepieces, objective lenses, stage, and base.</p>	<p>Microscopio</p>	<p>Ambientación</p>
 <p>A 3D rendering of a laboratory sink and counter unit, featuring two sinks, faucets, and storage cabinets/drawers.</p>	<p>Equipo de laboratorio</p>	<p>Ambientación</p>

	Laboratorio	Se utiliza para cambiar la locación de experimento.
---	-------------	---

3.2.6.3 Guion escenario 5 – Michelson-Morley

—Durante el siglo XIX la teoría física postulaba que al igual que el sonido y las olas, la luz necesitaba un medio para propagarse, esta sustancia fue llamada “éter”, era muy complicado detectar su existencia debido a la elevada velocidad de la luz.

—Fue hasta 1887 que Albert Michelson y Edward Morley diseñaron un experimento, que terminaría por convertirse en uno de los más importantes en la historia de la física, el cual tenía la finalidad de demostrar la existencia de este elemento.

—La idea que pretendían comprobar, era que el tiempo que tardaría la luz en recorrer una distancia, debería ser afectado por la presencia del éter.

—Para este fin usaron el “interferómetro de Michelson” un aparato que dividía la luz en dos haces, lo cuales hacían rebotar en dos espejos y regresar para juntarse.

—Lo que esperaban que sucediera es que la presencia del éter hiciera que uno de los dos rayos fuera más lento y llegaría después del otro.

—Usa la retícula sobre el selector para cambiar las condiciones en las que se realiza el experimento.

—Para su sorpresa, los haces de luz siempre llegaban al tiempo, por más que modificaban las condiciones del experimento, este fracasó.

—Pero fue un fracaso que cambió la física, ya que se comenzó a plantear la idea de que el éter no existía, además que la luz podía viajar en el vacío.

—En la parte inferior encontrarás un menú que te permitirá repetir la escena, regresar al menú principal, pasar al siguiente escenario o al anterior.

3.2.7 Escenario 6 – Faraday-Maxwell

En este escenario se menciona el trabajo realizado por Michael Faraday donde señala que los efectos eléctricos y magnéticos asociados a la materia tienen influencia sobre la propagación de la luz, trabajo que luego es retomado por James Clark Maxwell quien logra sintetizarlo unificando los fenómenos eléctricos y magnéticos lo cual permite desarrollar una teoría de ondas electromagnéticas donde se incluye la luz.

El usuario observará imágenes de los personajes mientras se describen, así mismo se muestran las ecuaciones de Maxwell, por último aparecerá en la parte inferior un menú donde podrá reiniciar el escenario, pasar al siguiente, al anterior o volver al menú principal.

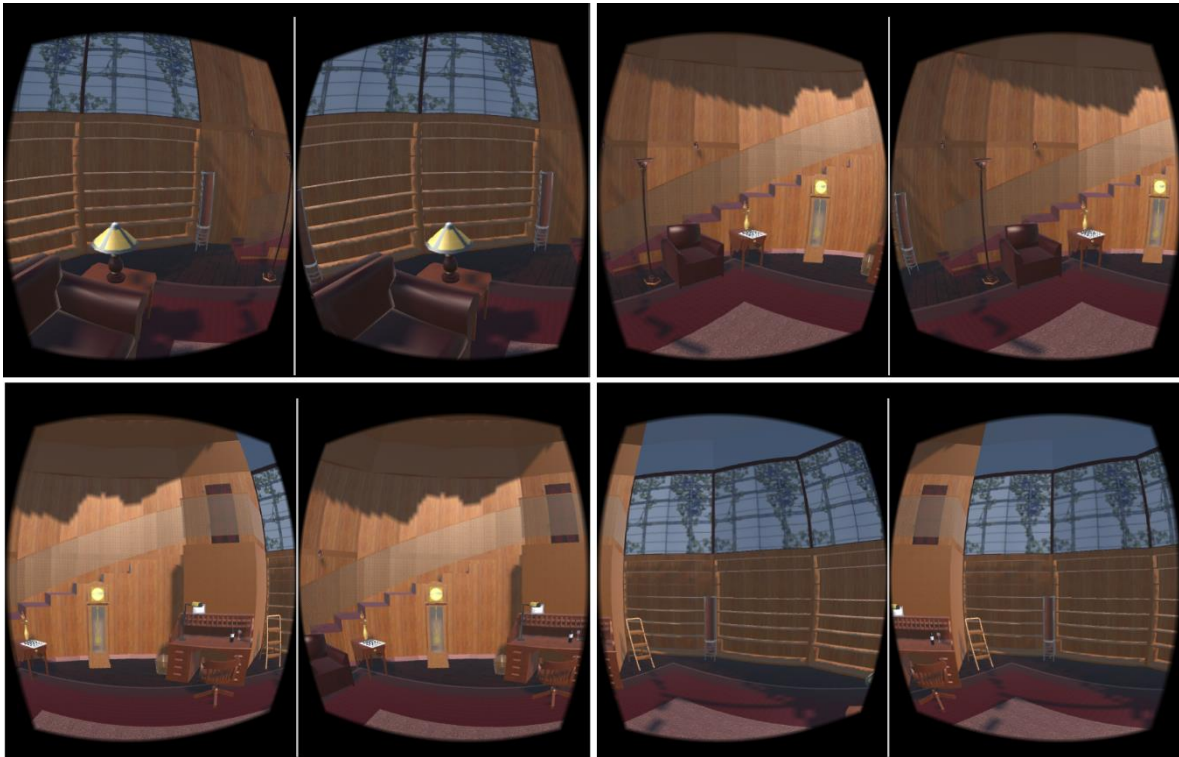


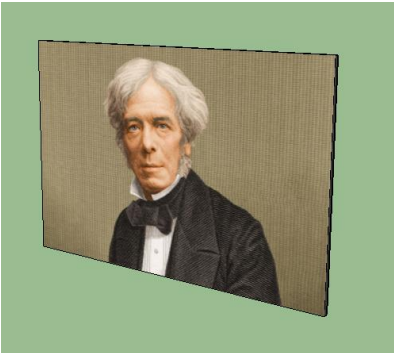
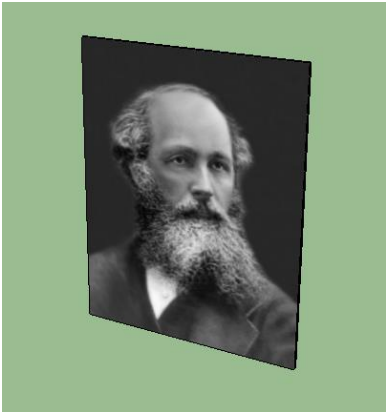
Figura 20 Escenario Faraday Maxwell


Tabla 14 Scripts Escenario 6 – Faraday-Maxwell

Nombre del script	Función	Variables
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	Textura velocidad
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera

Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	Tiempo transformación Escenario siguiente Tamaño inicial Tamaño final
-------------	---	--

Tabla 15 *Modelos Escenario 6 – Faraday-Maxwell*

Modelo	Nombre	Función
	Cuadro de Michael Faraday	Aparece cuando es mencionado en el audio.
	Cuadro de James Clerk Maxwell	Aparece cuando es mencionado en el audio.

$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$ $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$ $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	Ecuaciones de Maxwell	Aparece cuando es mencionado en el audio.
	Cuarto de estudio	Locación donde ocurre el escenario.

3.2.7.3 Guion escenario 6 – Faraday-Maxwell

—En 1845 el británico Michael Faraday descubre el efecto que lleva su nombre, en el cual propone que los efectos magnéticos y eléctricos asociados a la materia tienen influencia sobre la propagación de la luz.

—En 1865 un científico escocés llamado James Clerk Maxwell, teniendo en cuenta los trabajos realizados sobre electricidad y magnetismo por Oersted, Ampere y Faraday, encuentra la relación entre magnetismo, electricidad y luz, realizando valiosos aportes matemáticos en las ecuaciones que llevan su nombre.

—Publicaría un artículo titulado “Teoría dinámica del campo electromagnético” en el cual, anunciaría la “síntesis de Maxwell”.

—Esta constituye uno de los avances más grandes de la física, debido a que en ella se unificaron los fenómenos eléctricos y magnéticos, lo cual permitió desarrollar una teoría de ondas electromagnéticas donde está incluida la luz.

3.2.8 Escenario 7 – Albert Einstein

Este escenario presenta los postulados que propone Albert Einstein para la teoría de la relatividad y que retomando lo realizado por Michelson-Morley plantea la velocidad de la luz como una constante universal, y donde el tiempo es una variable que depende del movimiento y la velocidad, para ello el usuario escuchara un ejemplo donde se emplean analogías para comprender mejor los postulados y como se relaciona con la velocidad de la luz, se podrá cambiar la velocidad a la que van los vagones del ejemplo para observar lo que sucede en un sistema clásico.

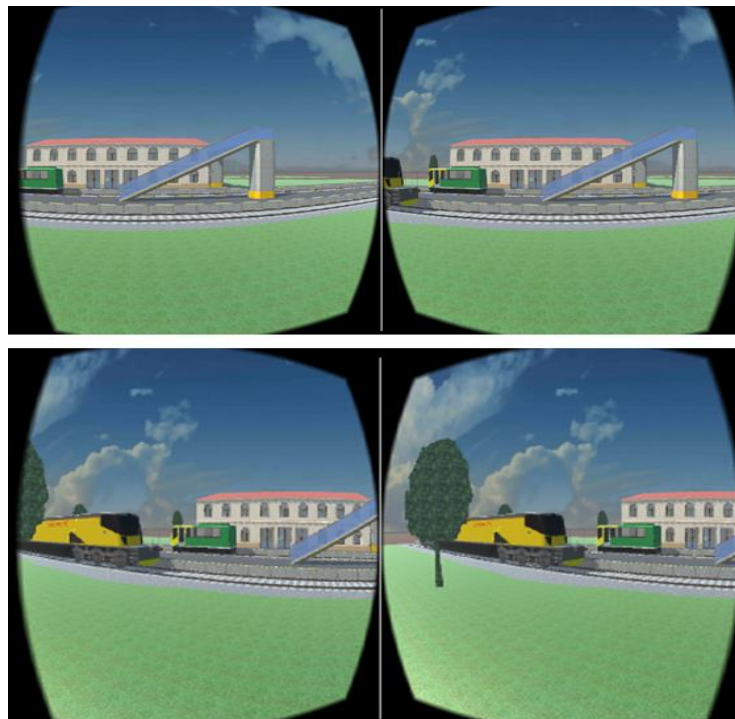

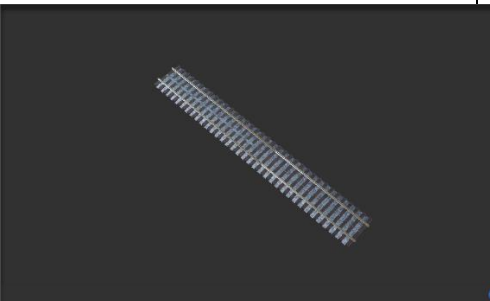
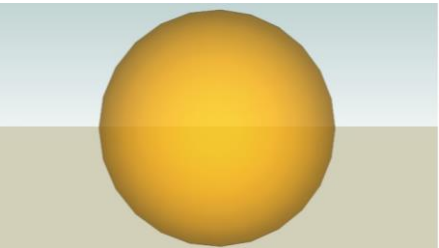


Figura 21 Escenario Albert Einstein

Tabla 16. *Scripts Escenario 7 – Albert Einstein*

Nombre del script	Función	Variables
deslizador	<p>Permite modificar el valor de un deslizador mediante la retícula.</p> <p>Utiliza los valores del deslizador para ajustarlos al rango de valores en otro objeto, en este caso la velocidad del vagón.</p>	<p>Tiempo en llenar</p> <p>Offset</p> <p>Valor máximo</p>
Cambio_escena	Hace la transición entre escenarios.	<p>Textura</p> <p>velocidad</p>
Tiempo_habilita_reticula	Define el tiempo en el que aparece la retícula de la cámara principal.	Tiempo de espera
Habilita_raycast	Define el tiempo en que se habilita la interacción entre la retícula y los objetos	Tiempo de espera
Button_load	Modifica la escala del botón en el menú, para que luego de un tiempo se pase a otro escenario, siempre y cuando se mantenga la retícula apuntando al objeto, de lo contrario volverá a su tamaño inicial.	<p>Tiempo transformación</p> <p>Escenario siguiente</p> <p>Tamaño inicial</p> <p>Tamaño final</p>

Tabla 17. Modelos Escenario 7 – Albert Einstein

Modelo	Nombre	Función
	Vagón	En su interior se hace rebotar un fotón.
	Vías de tren	Ambientación
	Esfera	Simular el movimiento del fotón

3.2.8.3 Guion Escenario 7 – Albert Einstein

—La teoría de la relatividad fue formulada por Albert Einstein en 1905 y es uno de los avances científicos más importantes en la historia de la humanidad.

—En ella se plantea el tiempo como un variable que depende del movimiento y de la velocidad, algo que cambió nuestra concepción del universo.

—En esta teoría el espacio y el tiempo, están relacionados como una sola entidad llamada espacio-tiempo.

—Para realizar su teoría Einstein se basó en dos postulados.

—El primero, hace referencia a que las leyes de la física son las mismas mientras el sistema de referencia sea el mismo e inercial, ambos se mueven a una velocidad constante.

—Si una ley se cumple en un sistema, también se debe cumplir en el otro.

—La segunda ley menciona que la velocidad de la luz es una constante universal, como lo habían demostrado algunos años antes Michelson y Morley.

—Para comprender mejor el concepto observemos la siguiente situación.

—supongamos un tren que viaja a cien kilómetros por hora, una persona se encuentra en un vagón y otra observa desde el exterior.

—La persona que se encuentra en el tren lanza una pelota, a una velocidad de treinta kilómetros hacia adelante.

—La persona del exterior observará la pelota a una velocidad de cien kilómetros por hora más treinta kilómetros por hora.

—Pero algo diferente sucede cuando se trata de la luz.

—Por ejemplo, si la persona que va adentro del vagón enciende una linterna, la velocidad que llevaría la luz no sería de trecientos mil kilómetros por segundo más cien kilómetros por hora.

—Debido a que la velocidad de la luz es una constante universal.

—Ahora analicemos el ejemplo con dos fotones dentro de dos vagones rebotando entre dos espejos cada uno.

—Ambos se mueven a la velocidad de la luz

—Ahora uno de los dos vagones comenzara a moverse, mientras que el fotón sigue rebotando.

—Cómo podemos observar, el fotón desde un punto de vista externo recorre más distancia, mientras que para alguien que observe dentro del vagón el movimiento será igual al del otro fotón.

—Por lo tanto se presenta una variación del tiempo de un observador a otro.

—De esta manera, en sistemas con velocidades cercanas a la de la luz, los cambios se presentan en el espacio-tiempo.

—Utiliza el deslizador para variar la velocidad del vagón.

—Dirige el punto en la pantalla hacia el deslizador para modificar su valor.

—En la parte inferior encontrarás un menú que te permitirá repetir la escena, regresar al menú principal, o pasar al escenario anterior.

Capítulo 4 Resultados

Se desarrolló en un motor de video juegos una aplicación llamada “Spotlight VR” utilizando realidad virtual inmersiva con el fin de ser empleada como herramienta de apoyo a procesos de aprendizaje relacionados con el estudio de la naturaleza de la luz en las temáticas propuestas, usando como estrategia un recorrido histórico destacando experimentos y sucesos que aportaron a este campo.

4.1 Nombre de la aplicación

La aplicación lleva como nombre “Spotlight VR”, palabra en inglés que hace referencia a un foco de luz, con este nombre se hace analogía en cuanto a que la aplicación solo toma una parte de todo lo que implica el estudio de la óptica y la luz en física y en general las ciencias puras, también aquello que ha representado la luz como mito en varias culturas a lo largo de la historia.

4.2 Logo



Figura 22 Logo Spotlight VR.

El logo tiene varios componentes, en los cuales se encuentran triángulos, haciendo referencia al prisma utilizado en varios experimentos relacionados con la luz, y los colores del espectro visible, que se encuentra directamente relacionado con el prisma.

Capítulo 5 Conclusiones

Se diseñó e implementó en un motor de video juegos una aplicación en realidad virtual inmersiva llamada “Spotligh VR”. Con el fin de ser empleada como herramienta de apoyo a procesos de aprendizaje relacionados con el estudio de la naturaleza de la luz usando como estrategia un recorrido histórico destacando experimentos y sucesos que aportaron a este campo.

Se construyeron siete escenarios que permiten al usuario observar ambientes en 3D asociados a sucesos y experimentos relacionados con los temas: espectro electromagnético, la dualidad onda-partícula y la velocidad de la luz.

Se programaron animaciones que permiten recrear experimentos y sucesos dentro de los escenarios, además se diseñaron controladores que permiten al usuario manipular de forma inmersiva algunas características de los acontecimientos y navegar dentro de la aplicación.

Se Incluyeron pistas de audio y animaciones que favorecen el manejo de la aplicación por parte del usuario aumentando la sensación de inmersión, además de brindar información que permite realizar un recorrido más sencillo y a su vez ofrecer datos que dan contexto a los experimentos.

El desarrollo de aplicaciones en realidad virtual inmersiva puede estar orientada al campo educativo, teniendo claros los contenidos y la intencionalidad del material.

“Spotligh VR” es una herramienta que brinda alternativas al docente para abordar los contenidos de espectro electromagnético, dualidad onda-partícula y velocidad de la luz.

Al encontrar muy pocos trabajos desarrollados en realidad virtual inmersiva sobre la luz y ninguno que trate el estudio de su naturaleza a través de la historia, es pertinente mencionar que “Spotlight VR” innova la forma de abordar los contenidos, y al mismo tiempo permite abordar un público más diverso debido al lenguaje coloquial presentado en los audios

Dadas las posibilidades que ofrece la realidad virtual inmersiva los futuros trabajos estarían orientados al manejo de otros campos de la física como electromagnetismo, termodinámica, ondas entre otros, por otro lado, y debido a la cantidad de personajes y acontecimientos sucedidos en la historia se podría seleccionar solo aquellos experimentos que presenten dificultades o inconvenientes al momento de replicarlos en la vida real o que simplemente no son observables al ojo humano.

Referencias

- Beléndez, A. (22, abril, 2015). Young, Fresnel y la teoría ondulatoria de la luz. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://blogs.ua.es/fisicateleco/2015/04/young-fresnel/>
- Beléndez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(2), [pp. 2601.1-2601.20]. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n2/a12v30n2.pdf>
- Bibek, A. & Deb, S. (Diciembre, 2016). Smartphone Based Virtual Reality Systems in Classroom Teaching. Trabajo presentado en 8th International Conference on Technology for Education de IEEE, Bombay, India.
- Boudrioua, A. (2013). Ibn Haytham Optics. En Rivero, J. Niemela J. & Plenkovich, K. (Ed.), *Inspired by Light: Reflections from the International Year of Light 2015* (pp. 44-46). Bellingham, Washington: SPIE.
- Bowen, S. Zijian, Q. & Bin, S. (Agosto, 2013). 3DVRLab: A virtual reality learning tool for electrical teaching experiments. Trabajo presentado en Proceedings of 2013 2nd International Conference on Measurement, Information and Control de IEEE, Harbin, China.
- Bravo, S. & Pesa, M. (2015). EL FENÓMENO DE LA DIFRACCIÓN EN LA HISTORIA DE LA ÓPTICA Y EN LOS LIBROS DE TEXTO REFLEXIONES SOBRE SUS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE. *Investigações em Ensino de Ciências*, 20(2), [p. 76-102]. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/viewFile/44/24>
- Castañeda, R. (2013). COHERENCIA ESPACIAL DE LA LUZ EN EL ESPACIO-FASE: PROCEDIMIENTOS NO-PARAXIALES E IMPLICACIONES FÍSICAS. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(142), [p. 37-59]. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082013000100004&lng=en&tlng=es.
- Castiblanco, O. & Nardi, R. (2013). GÓNDOLA Enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. UN USO DE LA HISTORIA EN LA ENSEÑANZA DE LA DIDÁCTICA DE LA FÍSICA, 8(2), [p. 50-60]. Recuperado de <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/article/view/5139/9354>
- Castillo, I. (2005). Sentido de la luz, El. Ideas, mitos y evolución de las artes y los espectáculos de la luz hasta el cine. (Tesis doctoral, Universitat de Barcelona). Recuperado de http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/1378/01.ICM_PARTE_1.pdf;sequence=2

Cevallos, K. (08, mayo, 2015). Metodología de Desarrollo Ágil: XP y Scrum. [Fotografía]. Recuperado de <https://ingsoftwarekarlacevallos.wordpress.com/2015/05/08/metodologia-de-desarrollo-agil-xp-y-scrum/>

Deitch, G. (2013). HOW TO SUCCEED IN ANIMATION, Don't Let A Little Thing Like Failure Stop You! Recuperado de <https://www.awn.com/genedeitch>

Druyan, A. & Soter, S. (Escritores) & Pope, B. (Director). (2014). Hiding in the Light [Episodio de serie de television]. En Hanich, L. & Holtzman, S. (Productores) Cosmos: A Spacetime Odyssey. Estados Unidos: Cosmos Studios.

Einstein, A. & Grinfeld, R. (2008). La física, aventura del pensamiento el desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos. Buenos Aires (Argentina): Editorial Losada.

Garcia, C. Valdovinos, R. Salgado, M. Eleuterio, R. & Muñoz, V. (2014). Apertura. Revista de innovación educativa. Realidad virtual y entornos virtuales como apoyo al acercamiento universidad - comunidad: el caso de la Facultad de Ingeniería de la UAEMex, 6(1). [p. 76-85] recuperado de <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/520/358>

Garzón, J. (20, noviembre, 2015). Samsung Gear VR (2015): análisis, Samsung Gear VR: la ventana al futuro de la realidad virtual. [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.cnet.com/es/analisis/samsung-gear-vr-2015/>

González, C. Gracia, M. Sanagustín, L. & Romero, D. (2015). TecsMedia: Análisis Motores gráficos y su aplicación en la industria. Recuperado de http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacionUniversidad/Areas/Sociedad_Informacion/Documentos/Estado%20del%20arte%20GameEngines%20y%20su%20impacto%20en%20la%20industria.pdf.

Hawking, S. & Jou, D. (2002). El universo en una cáscara de nuez. Barcelona: Crítica.

Hernandez, F. (09, marzo, 2015). Las Ecuaciones Maxwell: LA REVOLUCIÓN DEL PADRE DE LA FÍSICA MODERNA. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://www.energiyahoy.com/site/las-ecuaciones-maxwell-la-revolucion-del-padre-de-la-fisica-moderna/>

Hobbs, S. (18, noviembre, 2015). James Clerk Maxwell [Entrada de blog]. Recuperado de http://www.technologycorp.com.au/resource/james_clerk_maxwell/

Jamendo Music. (2017). Jamendo Music | Free music downloads. [Online] Recuperado de <https://www.jamendo.com/start> [visitado 01, Agosto, 2017]

Janssen, B. (2005). Breve repaso de la relatividad especial. Recuperado de <http://www.ugr.es/~bjanssen/text/repaso.pdf>

LA FACTORIA HISTORICA MICHAEL FARADAY. (05, ENERO, 2017). [Entrada de blog]. Recuperado de <https://factoriahistorica.wordpress.com/2017/01/05/michael-faraday/>

Laseinde, O. Adejuyigbe, S. & Mpofu, K. (Diciembre, 2015). Educating tomorrows engineers: Reinforcing engineering concepts through Virtual Reality (VR) teaching aid. Trabajo presentado 2015 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM) de IEEE, Singapore, Singapore.

Levis, D. (2006). ¿Qué es la realidad virtual? Recuperado de http://www.diegolevis.com.ar/secciones/Articulos/Que_es_RV.pdf

Martin, H. (2013). Una mirada a la naturaleza de la luz y el espectro electromagnético. Serie: hojitas de conocimiento, 12(8), [p. 99-100]. Recuperado de http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/extras/hojitas_conocimiento/ciencia/99-100_la_naturaleza_de_la_luz-hugo_martin.pdf

Martínez, E. (07, febrero, 2014). Las 8 grandes ventajas de las metodologías ágiles. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://comunidad.iebschool.com/iebs/agile-scrum/que-es-agile/>

Méndez, M. (25, junio, 2014). Google Cardboard transforma tu Android en un visor de realidad virtual. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://es.gizmodo.com/google-cardboard-transforma-tu-android-en-un-visor-de-r-1596133655>

Molina, C. (07, abril, 2015). Cámara Oscura inventada por Alhazen. [Fotografía]. Recuperado de <http://www.planetariomedellin.org/blog-y-noticias/alhazen-y-la-camara-oscura/>

Molina, C. (07, abril, 2015). Alhazen y la cámara oscura. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://www.planetariomedellin.org/blog-y-noticias/alhazen-y-la-camara-oscura/>

Monroy, U. & Pachón, M. (2016). Diseño de una aplicación basada en realidad virtual inmersiva que permita evidenciar infracciones cometidas al momento de conducir. (Trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional). Recuperado de <http://repository.pedagogica.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2048/TE-18994.pdf?sequence=1>

Nérici, I. (1985). Hacia una didáctica general dinámica (3ª ed.). Buenos Aires: Kapelusz.

Pascual, J. (02, abril, 2016). Cómo funciona Oculus Rift, configuración y posibilidades. [Entrada de blog]. Recuperado de <http://computerhoy.com/noticias/zona-gaming/como-funciona-oculus-rift-configuracion-posibilidades-42609>

Patkar, R. Singh, P. & Birje, S. (2013). International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. Marker Based Augmented Reality Using Android OS, 3(5). [p. 64-69] recuperado de http://www.ijarcsse.com/docs/papers/Volume_3/5_May2013/V3I4-0388.pdf

Perez, G. (01, Agosto, 2017). Espectro electromagnético. [Entrada de blog]. Recuperado de http://www.espectrometria.com/espectro_electromagntico

Pino, F. (02, febrero, 2012). INVENTOS DE ISAAC NEWTON: LOS SIMPLES, EXTRAÑOS Y COMPLEJOS. [Fotografía]. Recuperado de <http://elrincondelacienciaytecnologia.blogspot.com.co/2012/02/inventos-de-isaac-newton-los-simples.html>

Rezende, L. Raimann, E. Rodrigues, R. & Wagner, M. (Mayo, 2011). Force and Motion: Virtual Reality as a Study Instrument of Alternative Conceptions in Dynamics. Trabajo presentado en 2011 XIII Symposium on Virtual Reality de IEEE, Uberlandia, Brazil.

Robayo, D. (2016). APLICACIÓN DE APOYO AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE CONCEPTOS DE ASTRONOMÍA BÁSICA UTILIZANDO UN SISTEMA DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

Salinas Ibáñez, J. (2008). Innovación educativa y uso de las TIC. Sevilla: Universidad Internacional de Andalucía.

Sánchez, N. (2015). LOS MATERIALES MANIPULATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA LENGUA EXTRANJERA. (Trabajo de grado, Universidad de Valladolid). Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/13443/1/TFG-O%20542.pdf>

Sears, F. Zemansky, M. Young, H. Freedman, R. Flores Flores, V. & Rubio Ponce, A. (2009). Física universitaria. México: Addison-Wesley; Pearson Educación.

Sony Interactive Entertainment Europe Limited. (2017). PlayStation VR. [Entrada de blog]. Recuperado de <https://www.playstation.com/es-es/explore/playstation-vr/>

Tubau, D. (02, octubre, 2014). El experimento de interferencia de Thomas Young. [Fotografía]. Recuperado de <http://wordpress.danieltubau.com/el-experimento-de-interferencia-de-thomas-young/>

Ureña, A. (28, septiembre, 2009). El viento del éter lumífero y el experimento de Michelson-Morley. [Fotografía]. Recuperado de <http://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/el-viento-del-ter-lumifero-y-el-experimento-de-michelson-morley-10195>

Vanegas, A. (2016). APLICACIÓN DE APOYO PARA LA COMPRESIÓN DE CONCEPTOS SOBRE FENÓMENOS PRESENTES EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA UTILIZANDO REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.

2015 INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT AND LIGHT-BASED TECHNOLOGIES.
(2015). Ibn Al-Haytham and the Legacy of Arabic Optics. Recuperado de
<http://www.light2015.org/Home/ScienceStories/1000-Years-of-Arabic-Optics.html>

3dwarehouse.sketchup.com. (2017). [Online] Recuperado de
<https://3dwarehouse.sketchup.com/index.html> [visitado 01, Agosto, 2017]