Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Escuela de Artes Plásticas y Audiovisuales

Enviro VR

Tesina que presentan:

Ana Cristina Montiel Rosas

Samuel Belaunzarán flores

Agosto 2022

Para obtener el título de

Licenciado en Arte Digital

Director de Tesina

Mtro. Luis Daniel Herrera Romero

Revisores

Dra. (c) Tanit Guadalupe Serrano Arias

Mtro. Héctor Adrián Díaz Furlong

Primavera 2022

Agradecimientos

A mis tutores por su apoyo, conocimientos y paciencia que se nos ha dado a lo largo de la realización del proyecto.

A mis docentes, en especial a los profesores Héctor y Abner que nunca perdieron la paciencia, el respeto y el amor a su trabajo.

A mis padres que me dieron la vida y la oportunidad de estudiar una carrera, gracias papá por acompañarme y llevarme a todos los lugares que necesitaba ir, gracias mamá por dar lo mejor de ti y por sacarnos a todos adelante, tus esfuerzos rindieron frutos.

A mi hermana que siempre he tenido su cariño, sus consejos y apoyo incondicional.

A mi esposo Abraham Laborie por su amor, paciencia y palabras de aliento, sin su ayuda no hubiera podido terminar la carrera.

A mi querida Lillian Ávila que siempre tuvo fe en mí y en lo que hacía, espero que desde donde esté se sienta orgullosa de lo que soy ahora.

A mi suegro Isaac Laborie quien me ayudó a redactar mi carta de motivos, para poder entrar a la carrera y siempre estuvo pendiente de mí y de mis estudios.

A mi compañero Samuel Belaunzarán por su tiempo dedicación, perseverancia y seguir adelante conmigo para concluir este proyecto.

Ana Cristina Montiel Rosas

El presente trabajo está dedicado a las dos personas más importantes de mi vida, a la primera de ellas, es a quien me dio la oportunidad de tener esta vida, que, aunque tenía inquietudes por conocer, me motivo a aprender, tomar diversos cursos cuando era niño, que sin importar que, durante mi vida, siempre le decía “Quiero ser Físico Matemático, quiero estudiar sobre cristales, quiero ser mecánico, quiero ser chef o quiero estudiar Arte Digital” me dijo “Lo que quieras estudiar o ser de grande, YO TE APOYARE”. A quien sin importarle el desmadre de

persona que soy, ha estado a mi lado, apoyándome, guiándome y dándome mis trancazos que me merecía.

A quien, aunque no entendía del todo, me escucha con atención cuando hablo de mi carrera, que ahora, ya entiende. Quien se desveló conmigo durante las noches de trabajo, que me traía de un lado a otro. A ella, que educó a este hombre que soy en día, le digo GRACIAS MADRE.

Para mi abuelo, le agradezco la frase que me dijo en la preparatoria, que me ha mantenido motivado “El que quiere azul celeste… que le CHINGE”. Gracias a él, aprendí que todo lo que uno logre y obtenga en la vida, solamente es gracias a su esfuerzo. De él, siempre me quedarán los recuerdos de cuando me contaba su vida, de cómo se enfrentó a diferentes dificultades y logró darles la mejor vida a sus hijos.

Te dedico este trabajo Abue.

Para mi abuela, te agradezco que siempre que hablamos, me preguntaras como me iba en la escuela, y como iban mis trabajos. Muchas gracias por mostrar interés en mis trabajos.

Samuel Belaunzarán Flores

Contenido

I)Introducción ***12***

II) Problemática ***14***

1.1) Antecedentes del Problema **14**

1.1.1) El origen de la civilización y la importancia de los ríos para la humanidad 14

1.1.2) Roma la civilización del agua. 18

1.1.3) Usos del agua en Roma 20

1.1.4) Revolución Industrial: Precursora de grandes cambios para la humanidad. 24

2.1) Planteamiento del Problema **25**

3.1) Delimitación y Contexto **28**

4.1) Objetivos de Investigación **28**

4.1.1 Objetivo General 28

4.1.2 Objetivos específicos 28

5.1) Justificación **28**

6.1) Limitaciones **29**

III) Desarrollo ***30***

3.1) Marco Teórico Sobre la Contaminación del Agua **30**

3.1.1) Antecedentes de Contaminación en Mesoamérica 30

3.1.2) Antecedentes de contaminación en México 32

3.1.3) Problemas de contaminación en México 33

3.1.4) Contaminación del agua en Puebla 34

3.2) La realidad Virtual como medio para mejorar el medio ambiente **37**

3.2.1) El uso de la Realidad Virtual en la Salud 38

3.2.2) Gestión Tecnológica en el Medio Ambiente 40

3.2.2.1) Innovación en el tratamiento de la basura. 41

3.2.2.2) Implementar materiales reciclados 42

3.2.2.3) Bioeconomía y biotecnología 43

3.2.2.4) Comunidades sustentables 44

3.2.2.5) La tecnología como medio de apoyo 46

3.2.3) Historia de la Realidad Virtual y la evolución del Hardware 47
3.2.4) Características de los sistemas existentes 60
3.2.5) Usos y diferencias en Realidad Virtual y Realidad Aumentada 65
Realidad Virtual – VR 70
Realidad Aumentada – RA 71
3.2.6) Hardware para RV y dispositivos existentes 71
Dispositivos con pantalla incorporada 74
Dispositivos que usan de base un dispositivo móvil. 75
Sensores de Posicionamiento. 75
Otros periféricos y sistemas que se emplean en la realidad virtual 76
3.2.7) Software y plataformas para uso de RV 77
Software que hacen uso de VR y sus características 77
3.2.8) Técnicas usadas en Realidad Virtual para mejorar la experiencia 79
3.2.9) Recorridos Virtuales y Realidad Virtual 79
3.3) Nuestro Aporte **87**
3.3.1) Descripción del Proyecto 87
3.3.2) Proceso de Desarrollo 88
3.3.3) Arte Conceptual 88
3.3.4) Prototipo 93
IV) Conclusiones ***98***
V) Referencias de Consulta ***100***

índice de figuras

Ilustración 1 Ubicación del Río Tigris y Éufrates Tomada de Portillo Germán, 2019, www.meteorologiaenred.com 15

Ilustración 2 Ubicación del Río Nilo Tomada de Ríos del Planeta, 2017, http://riosdelplaneta.com 16

Ilustración 3 Ubicación del Río Amarillo Tomada de Saber es Práctico, 2016, www.saberespractico.com 17

Ilustración 4 Ubicación del Rio Indio y Ganges Tomada de Socialhizo, 2019, www.socialhizo.com 18

Ilustración 5 Ubicación del Río Tíber Adaptada de Centro de Estudios Genealógicos de Chile, 2018, www.facebook.com/genealogiaconhistoria 19

Ilustración 6 Acueductos Romanos Tomada de JW.ORG, 2014, www.jw.org 20

Ilustración 7 Termas Romanas en Bath Tomada de Historia sin pretensiones, 2019, www.historiasinpretensiones.com 21

Ilustración 8 Fuente Romana Fontana di Trevi Tomada de Hill, 2002, https://commons.wikimedia.org/wiki/Fontana_di_Trevi 21

Ilustración 9 Pintura de una Naumaquia Tomada de Checa, 1894, www.thevintagenews.com 22

Ilustración 10 Cloaca Máxima Nota. Grabado de Giovanni Battista Piranesi, muestra cómo era la Cloaca Máxima en 1798. Tomada de Piranesi, 1778, www.fundacionaquae.org 22

Ilustración 11 Molinos Hidráulicos de Berbegal Nota. Ilustración que muestra como trabajaban los molinos hidráulicos de Berbegal, Tomada de Caso Guillermo, 2020, https://terraeantiqvae.com 23

Ilustración 12 Minería en La Nueva España. Nota. Ilustración del trabajo de esclavos en la minería. Tomada de Unión CDMX, 2020, https://www.unioncdmx.mx 30

Ilustración 13 Explosión en zona minera. Tomada de Quinde Bryan, 2020, https://www.rumbominero.com 31

Ilustración 14 Complejo Petroquímico Pajaritos. Tomada de Wikimapia, 2013, http://wikimapia.org 34

Ilustración 15 La Constancia Mexicana. Tomada de Rleonmx, 2006, https://es.wikipedia.org 35

Ilustración 16 Representación de la Realidad Virtual. Tomada de Universidad de la Costa CUC., 2019, https://www.cuc.edu.co 37

Ilustración 17 Guantes de realidad virtual. Tomada de Sagra de Manueles, 2021, https://highxtar.com 39

Ilustración 18 Fobias y realidad virtual. Tomada de Visionary Virtual HealthCare, 2020, https://visionaryvirtualhealthcare.com 40

Ilustración 19 Proceso de reciclaje de Electrónicos. Tomada de Reciclaje Electrónico Avanzado, 2019, https://www.desechoselectronicos.com.mx 42

Ilustración 20 Infografía de Materiales Reciclables. Tomada de Vela, 2012, https://ticsyformacion.com 43

Ilustración 21 Ilustración de Bíofactorías. Tomada de Torre-Marín et al, 2019, https://www.smartgridsinfo.es 44

Ilustración 22 Teletrabajo. Tomada de Chuliá, 2020, https://blog.funcas.es 45

Ilustración 23 Representación de Inteligencia Artificial. Tomada de Rodríguez, 2018, https://es.mlab.ai 46

Ilustración 24 Estereoscopio. Nota Primer acercamiento a la Realidad Virtual. Tomado de NCLO Cultura y Ciencia, 2017, https://www.negocioscontralaobsolescencia.com 47

Ilustración 25 Blue Box por Edwin A. Link. Tomada de Polanco, 2015, https://alpoma.net 48

Ilustración 26 Primer View-Master. Sawyer´s. Tomada de ToyNostalgia, 2017, https://toynostalgia.blogspot.com 48

Ilustración 27 Sensorama. Morton Heilig. Tomada de Trillnick, 2016, https://proyectoidis.org 49

Ilustración 28 HMD, Sword of Democles, Ivan Sutherland y David Cohen. Nota La Espada de Damocles (Sword of Damocles) es considerado el primer visor de realidad virtual y realidad aumentada Tomada de Servin, 2020, https://proyectoidis.org..... 50

Ilustración 29 Super Cockpit. Tomada de Servin, 2020, https://proyectoidis.org 51

Ilustración 30 Magic Leap 1. Tomada de Magic Leap, 2020, https://www.magicleap.com 52

Ilustración 31 Sistema VCASS, Tomada de Servin, 2020, https://proyectoidis.org..... 53

Ilustración 32 VIEW, NASA. Tomada de Pardo, 2018, https://www.neoteo.com 54

Ilustración 33 Traje Háptico para el VIEW, NASA y VPL. Tomada de Ausel, 2019 https://proyectoidis.org 55

Ilustración 34 SEGA VR. SEGA. Tomada de Sanmartín, 2020, https://www.vidaextra.com 56

Ilustración 35 Virtual Boy, Nintendo. Tomada de Fantasymundo, 2020, https://www.fantasymundo.com 56

Ilustración 36 Oculus PR1. Nota Palmer Luckey crea su primer prototipo PR1. Tomada de Luckey, 2010, https://www.realovirtual.com 57

Ilustración 37 Oculus Rift dv1, DIY Kit. Tomada de OnlineCmag Team, 2021, https://www.onlinecmag.com..... 58

Ilustración 38 Oculus Rift CV1, Meta. Tomada de García, 2019, https://hardzone.es.... 60

Ilustración 39 Oculus Go Gen 1, Meta. Tomada de Calzada, 2018, https://www.desconsolados.com 60

Ilustración 40 Oculus Quest, Meta. Tomada de Amazon, 2019, https://www.amazon.com.mx/Oculus-Quest-All-Gaming-System 61

Ilustración 41 HTC VIVE Pro. Tomada de HTC Corporation, 2021, https://business.vive.com 62

Ilustración 42 Play Station VR Sistema, SONY. Tomada de Estrada, 2017, https://www.fayerwayer.com 63

Ilustración 43 Nintendo LABO VR Kit, Nintendo. Tomada de Nintendo of America, 2019, https://twitter.com/NintendoAmerica 64

Ilustración 44 KAT loco S, Kat-VR. Tomada de KATVR, 2020, https://www.kat-vr.com/ 65

Ilustración 45 Simulador de Vuelo. Tomada de Tus videojuegos, 2020, https://tus-videojuegos.com 66

Ilustración 46 Avatares XBOX 360, Pantalla de personalización. Tomada de Sedano, 2011, https://www.lacasadeel.net 66

Ilustración 47 Video Mapping. Nota Técnica aplicada a un Edificio. Tomada de Serrano, 2019, https://www.informabtl.com 67

Ilustración 48 Ejemplo de Realidad Aumentada. Tomada de Enseñanza Virtual, Recursos y herramientas, 2017, http://elearningmasters.galileo.edu 67

Ilustración 49 Concierto de Idol Holográfico, Vocaloid. Tomada de Staff Video-Juegos.com, 2017, http://video-juegos.com 69

Ilustración 50 Diferentes Softwares para VR. Tomada de Avangarde Software Solutions, 2020, https://avangarde-software.com 70

Ilustración 51 Diferentes Softwares para VR. Tomada de Avangarde Software Solutions, 2020, https://avangarde-software.com 73

Ilustración 52 Captura de pantalla del recorrido virtual por la arquitectura de Bellas artes. Tomada de Instituto Nacional de Bellas Artes, 2016, https://inba.gob.mx 80

Ilustración 53 Captura de pantalla del recorrido virtual por la zona de Teotihuacan. Tomada de Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2012, www.inah.gob.mx 81

Ilustración 54 Captura de pantalla del recorrido virtual de la Cueva Chauvet. Tomada de Google Arts & Culture, 2014, ttps://artsandculture.google.com 81

Ilustración 55 Captura de pantalla del recorrido virtual de los exoplanetas. Tomada de We The Curious, 2017, https://www.youtube.com/watch?v=qhLExhpXX0E 82

Ilustración 56 Captura de pantalla del recorrido virtual de la montaña rusa de Disney. Tomada de Wulfi, 2020, https://www.youtube.com/watch?v=f9ZHi5A5Jgk 82

Ilustración 57 Captura de pantalla del videojuego Titanic VR. Tomada de Immersive VR Education Ltd, 2018, https://store.steampowered.com/app/741430/Titanic_VR/..... 83

Ilustración 58 Captura de pantalla de David Attenborough's great barrier reef. Tomada de attenboroughsreef, 2015, https://attenboroughsreef.com/ 84

Ilustración 59 Proyecto Biodiversidad Mexicana VR. Tomada de González, 2018, https://interactivo.eluniversal.com.mx/ 85

Ilustración 60 Proyecto VHIL La acidificación del océano. Tomada de Virtual Human Interaccion Lab, 2016, https://www.stanfordvr.com/oceanexperience/ 86

Ilustración 61 Captura del recorrido. Autoría propia 88

Ilustración 62 KeyConcept. Autoría propia 89

Ilustración 63 Concept de Prop. Autoría Propia 89

Ilustración 64 Captura del Blocking. Autoría propia 90

Ilustración 65 Captura del Primer Nivel. Autoría propia 90

Ilustración 66 Captura de Código. Autoría propia 91

Ilustración 67 Captura del Bote con la posición de la cámara. Autoría propia 91

Ilustración 68 Captura del Base Mesh del río. Autoría propia 92

Ilustración 69 Vista aérea del recorrido. Autoría propia 93

Ilustración 70 Captura del Segundo nivel. Autoría propia 93

Ilustración 71 Vista desde el Bote. Autoría propia 94

Ilustración 72 Vista del usuario – Primera Zona de Interés. Autoría propia 94

Ilustración 73 Vista del Usuario – Segunda Zona de Interés. Autoría propia 95

Ilustración 74 Vista del Usuario – Tercera Zona de Interés. Autoría propia 95

Ilustración 75 Vista del Usuario – Última Zona de Interés. Autoría propia 96

I)Introducción

La contaminación, lastimosamente, es uno de los temas más comunes de lo que se lee o se habla últimamente, principalmente la contaminación del agua, el recurso natural más importante ya que es base de toda forma de vida. Por lo tanto, los ríos, que son fuente principal de agua y energía para el consumo, han sido fundamentales para la creación de las principales civilizaciones que han existido en la historia de la humanidad. Por consecuencia de su explotación han sido contaminados. Debido a esta creciente contaminación es necesario poder identificar las causas que llevan a ella.

La presente tesina es una herramienta para ayudar a la creación de un instrumento audiovisual que permita identificar la contaminación del río Atoyac y fomentar el cuidado que necesita para su conservación. Este instrumento será un recorrido virtual implementado en el motor para videojuegos Unreal, en el que se mostrará el río Atoyac saludable y las actividades que solían realizarse alrededor de este, posteriormente se verán el cambio de actividades que lo llevaron a su contaminación.

El proyecto tendrá un alcance de prototipo, se tendrán las funciones esenciales de un recorrido, modelos para la creación del escenario, texturas en el primer y segundo blocking y representar las actividades principales que se verán alrededor del río.

En el primer capítulo se presentarán los antecedentes que marcan la importancia de los ríos y como han sido los principales medios de desarrollo humano para luego hablar de la industrialización y sus consecuencias. En el segundo capítulo se hablará sobre la problemática principal del proyecto que es la contaminación del río Atoyac, sus causas y consecuencias que se ha tenido debido a este problema. El tercer capítulo delimita y contextualiza el problema. En el cuarto capítulo se presentan las preguntas de investigación. En el quinto capítulo se habla de los objetivos generales y específicos que se planean lograr con la investigación y el proyecto. En el sexto capítulo se justifica la realización de este proyecto. En el séptimo capítulo se habla de las limitaciones que surgieron al no contar con el equipo y personal necesario para el desarrollo del proyecto. El octavo capítulo se encuentra el marco teórico, que abarca desde los primeros antecedentes de contaminación que va desde Mesoamérica hasta Puebla, posteriormente se habla de la realidad virtual que ha contribuido a concientizar acerca del medio ambiente, también se

muestra la historia de la realidad virtual y los diferentes medios y técnicas utilizados para su implementación y desarrollo.

¿De qué manera, haciendo uso de la digitalización podemos identificar problemas ambientales del río Atoyac y difundir la importancia de la preservación de este cuerpo de agua?

¿Cuál es la historia y el proceso de contaminación del río Atoyac?

¿Cómo podemos desarrollar el recorrido virtual para mostrar el proceso de contaminación del río?

II) Problemática

1.1) Antecedentes del Problema

1.1.1) El origen de la civilización y la importancia de los ríos para la humanidad

El ser humano ha tenido que adaptarse a diferentes circunstancias desde sus orígenes, los grupos nómadas tenían que desplazarse constantemente en busca de alimento y mejores condiciones para su subsistencia, su vida era muy hostil e incierta, tuvieron que pasar muchos años para que las condiciones en la tierra fueran diferentes y le permitieran a la humanidad asentarse.

El agua ha sido el recurso natural más importante para la evolución y desarrollo de la humanidad. Es por ello que, las poblaciones buscaban sitios donde asentarse con abundante agua. Los ríos fueron de suma importancia ya que les aportaron agua para su consumo, sus zonas de cultivo y como vías de comunicación. (Fundación AQUAE, 2015)

En el periodo Neolítico aparecieron los primeros asentamientos humanos, esto quiere decir que la humanidad se volvió sedentaria y surgió una economía productora basada en la agricultura y la ganadería, por lo que las primeras civilizaciones históricas se desarrollaron al lado de las cuencas de grandes ríos ya que las tierras eran fértiles y los recursos se regeneraban antes de ser agotados. Los humanos fueron formando aldeas, las cuales fueron creciendo en proporción al número de sus habitantes, y fueron desarrollando diferentes funciones con base en su jerarquía social. (Roca, 2019)

El uso del metal ayudó a prosperar a la agricultura y la ganadería con inventos como el arado y permitió la fabricación de armas como espadas y escudos. También propició el comercio debido a la búsqueda de metales, se desplazaban a lugares lejanos y ahí intercambiaban alimentos derivados de sus cosechas por otros productos. Los pueblos tuvieron la necesidad de crear técnicas para controlar el agua de los ríos y mantener grandes extensiones de agricultura de regadío, aumentando así las cosechas y facilitando la alimentación a poblaciones muy numerosas. (Roca, 2019)

Fue así como iniciaron las primeras civilizaciones transformándose de aldeas a ciudades de grandes magnitudes con dominio y llamadas fluviales por su cercanía con ríos, las cuales fueron: la mesopotámica (entre el Tigris y el Éufrates), la egipcia (al lado del Nilo), la india (junto al Indo y el Ganges) y la china (en torno al Huang He). (Roca,2019)

Posteriormente las poblaciones que habitaban dichas zonas se transformaron de aldeas a ciudades, y debido a esto tuvieron la necesidad de organizarse de forma administrativa para crear leyes y normas para un óptimo desarrollo de la ciudad. (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado [INTEF], 2010, párr. 2).

Dentro de las principales civilizaciones se encuentra Mesopotamia, que significa entre dos ríos en griego y fue nombrada así por estar entre los ríos Tigris y Éufrates, debido a su suelo fértil muchos pueblos lucharon por ocupar este territorio, entre ellos destacan los sumerios, los cuales iniciaron la cultura mesopotámica y controlaron las aguas de los ríos desarrollando un sistema de diques y acequias, utilizaron sistemas de irrigación, secaron los pantanos, abastecieron de agua los canales que pasaban por los puntos por donde ellos vivían, así mismo impidieron inundaciones con barreras y depositaron el agua a través de las presas. (TRT, 2020, párr. 9)

Ilustración 1 Ubicación del Río Tigris y Éufrates Tomada de Portillo Germán, 2019, www.meteorologiaenred.com

El antiguo Egipto se desarrolló al mismo tiempo que Mesopotamia y también necesitó de un río para su empoderamiento: el río Nilo, gracias a esto generó un delta que le brindó una zona altamente fértil llamada Tierra Negra. A diferencia de Mesopotamia los Egipcios generaron pozos para abastecerse de agua, gracias a las técnicas de drenaje, a la canalización de las aguas y al desecado de marismas, las aldeas crecen y se convierten en ciudades-estado (Roca, Op. Cit., párr. 2). La civilización egipcia, aprovechó las inundaciones para hacer un sistema de irrigación para los cultivos, por esta razón crearon técnicas de construcción de diques para contener agua y canales de transporte.

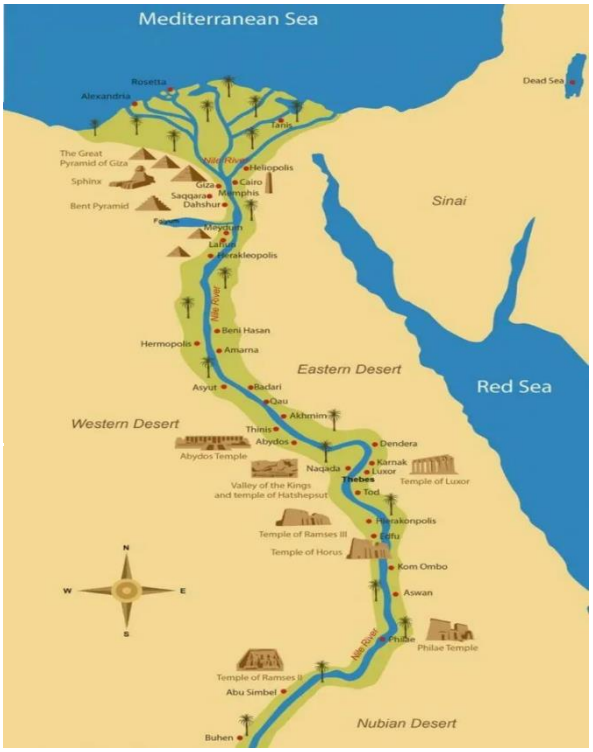

Ilustración 2 Ubicación del Río Nilo Tomada de Ríos del Planeta, 2017, http://riosdelplaneta.com

Por otra parte, la civilización China se benefició del río Huang He también conocido como Río Amarillo, recibe este nombre debido a la cantidad de barro que acumula tras su paso por la región de Loes, como en todas las civilizaciones la agricultura fue la base principal de su desarrollo y gracias a las constantes inundaciones es que hubo un suelo fértil para cosechar el arroz, fuente principal de alimento para China. Alrededor de más de mil años la civilización del Rio amarillo fue la cuna de invenciones muy importantes en la historia, como la imprenta, la seda, el papel, las

artes marciales entre otros. Muchas tradiciones de China que hoy en día son conocidas en todo el mundo fueron originadas gracias a las aguas del Rio Amarillo (Pérez, 2017, párr. 6).

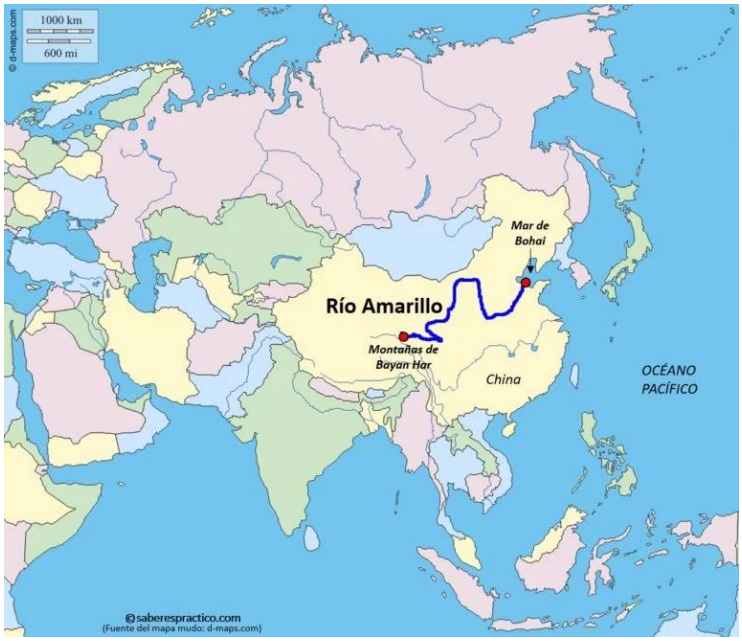

Ilustración 3 Ubicación del Río Amarillo Tomada de Saber es Práctico, 2016, www.saberespractico.com

De la misma manera que otras civilizaciones, la civilización del Indo creció entre los ríos Indo y Ganges, debido a ello también tuvo tierras fértiles donde su principal producción fue la cebada, el trigo, el algodón, y el sésamo. Lo que destaca de esta civilización es su sofisticado sistema de drenaje. La población encargada de las edificaciones de la civilización del Indo entendió que era importante crear un sistema para desechar el agua de albañal y la que se generaba por el exceso de lluvias. Fue así como desarrollaron ciudades con un sofisticado sistema de alcantarillas y sumideros, los cuales permitían que los desechos pasaran por debajo de la ciudad y su destino fuera a parar a la llanura en torno al asentamiento. (Historia Universal, 2018, párr. 13).

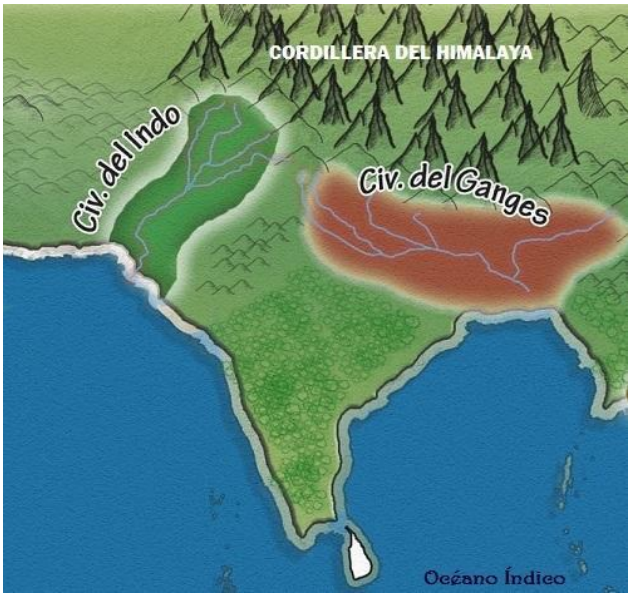

Ilustración 4 Ubicación del Rio Indio y Ganges
Tomada de Socialhizo, 2019, www.socialhizo.com

1.1.2) Roma la civilización del agua.

Asentada entre 7 colinas a la ribera del río Tíber, la civilización romana fue conocida por perfeccionar técnicas de otras civilizaciones las cuales ya funcionaban, la más importante fue la canalización del agua para su consumo e higiene personal, para ello hicieron sólidas infraestructuras características de su imperio las cuales tenían relación directa o indirecta con este recurso natural. (Pérez, 2020)

Ilustración 5 Ubicación del Río Tíber Adaptada de Centro de Estudios Genealógicos de Chile, 2018, www.facebook.com/genealogiaconhistoria

Gracias a que Roma se preocupaba por la calidad de vida de sus ciudadanos, estaba dotada de ciertos beneficios como los acueductos, el empedrado en las calles, pasos peatonales, alcantarillado, termas y mercados abastecidos de suficiente producto (Argudo, 2019), todo entorno al abastecimiento de grandes cantidades de agua.

Para un eficiente suministro tuvieron que idear una red de acueductos, cisternas y depósitos. A través de grandes canalizaciones cubiertas para evitar impurezas, fue que el agua llegó en forma potable a las ciudades para dar servicio al sector público como fuentes y termas, y posteriormente al privado es decir a los domicilios romanos.

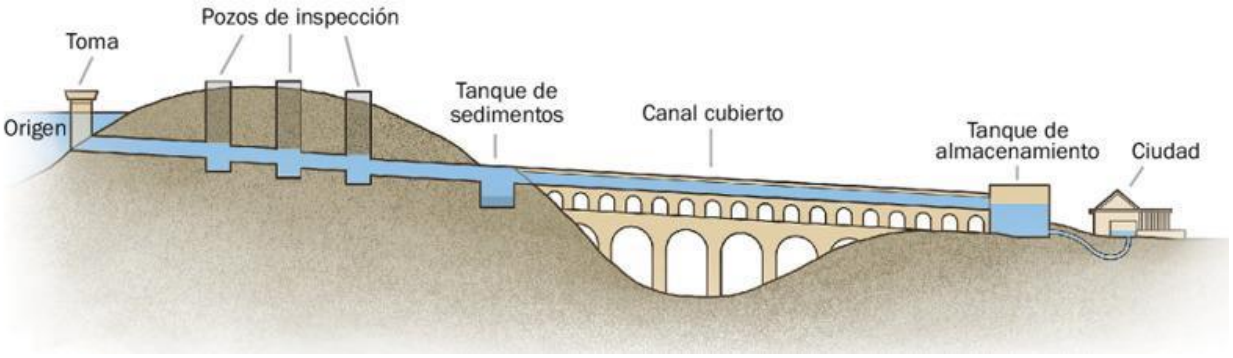

Ilustración 6 Acueductos Romanos Tomada de JW.ORG, 2014, www.jw.org

1.1.3) Usos del agua en Roma

Solo ciertos propietarios de casas podían darse el lujo de tener agua corriente, proporcionada por la red hidráulica de la ciudad. El agua brindada por la naturaleza la guardaban en cisternas, las cuales llenaban los estanques de los jardines de las viviendas unifamiliares que también disponían de sus propias termas. (Rodà, 2021)

Los romanos utilizaban el agua de manera lúdica como para la ornamentación, lujos y espectáculos. (Rodà, 2021)

Los baños o termas públicas servían para disfrutar de un momento de relajación e intercambio social, gracias a su ingeniería, tenían calefacción que funcionaba por la circulación de aire caliente por debajo de un pavimento hidráulico, cuyas bases eran de ladrillos, donde se vertía el agua fría, convirtiéndose en un tipo de sauna, también contaban con piscinas las cuales usaban el mismo procedimiento para calentar el agua. (Rodà, 2021)

Ilustración 7 Termas Romanas en Bath Tomada de Historia sin pretensiones, 2019, www.historiasinpretensiones.com

Hicieron monumentos y fuentes decoradas, por las cuales caía el agua en cascadas, ejemplo de ello es La Fontana di Trevi una de las fuentes más grandes y monumentales en Roma la cual adorna una de las plazas principales, anterior a ella existía otra fuente en la que brotaba agua de un acueducto llamado Aqua Virgo.

Ilustración 8 Fuente Romana Fontana di Trevi Tomada de Hill, 2002, https://commons.wikimedia.org/wiki/Fontana_di_Trevi

Como espectáculo hacían simulacros de combates navales llamados naumaquias, los cuales los hacían en lagos naturales, en edificios construidos especialmente para este fin o en anfiteatros adaptados, en los dos últimos eran necesarios los acueductos para el suministro suficiente de agua. (Rodà, 2021)

Ilustración 9 Pintura de una Naumaquia Tomada de Checa, 1894, www.thevintagenews.com

Debido a las inundaciones y para gestionar las aguas utilizadas en la urbe realizaron obras de drenaje y construyeron la llamada Cloaca Máxima, la cual era una red de cloacas que por lo general pasaba por debajo de sus ciudades llevando aguas negras, es considerada una de las grandes obras de la Ingeniería Civil Urbana (Argudo, Op. Cit., párr. 15). Gracias a las cloacas la higiene de las ciudades mejoró y se evitaron epidemias como se observó siglos más tarde.

Ilustración 10 Cloaca Máxima Nota. Grabado de Giovanni Battista Piranesi, muestra cómo era la Cloaca Máxima en 1798. Tomada de Piranesi, 1778, www.fundacionaquae.org

Los romanos dispusieron del agua para uso industrial para la amplia gama de maquinaria que inventaron o perfeccionaron, como los molinos hidráulicos o la minería. Prueba de ello son las instalaciones de Barbegal que gracias a los molinos se podían obtener 4.5 toneladas de harina al día y para la minería controlaban las tomas de agua de las galerías para provocar derrumbes en los yacimientos y así obtener oro como es el caso de Las Médulas en León España donde hacían exploraciones auríferas. (Rodà, Op. Cit. párr. 18)

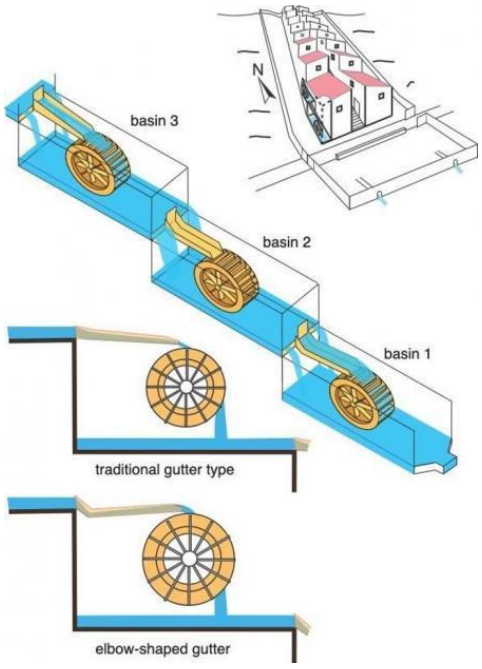

Ilustración 11 Molinos Hidráulicos de Berbegal Nota. Ilustración que muestra como trabajaban los molinos hidráulicos de Berbegal, Tomada de Caso Guillermo, 2020, https://terraeantiqvae.com

Se tiene conocimiento de que los desarrollaron piscifactorías, donde tenían diferentes viveros para peces de agua salada y dulce, también contaban con técnicas para la cría de diferentes especies adaptando piscinas de acuerdo con su funcionalidad. (Ibid.., párr. 19)

Se sabe que en los restos conservados de Pompeya hubo una especie de tintorerías las cuales ocupaban grandes cantidades de agua para su suministro.

Para la producción agrícola fue sin duda la mayor utilidad del agua, mediante presas y canales para los cuales no era necesario la potabilidad, al ser infraestructuras menos complejas

que los acueductos se han conservado en menor medida aparte de la explotación de los terrenos a través de los años ha propiciado su pérdida. (Ibid.., párr. 21)

1.1.4) Revolución Industrial: Precursora de grandes cambios para la humanidad.

Se llama revolución industrial al cambio drástico de técnicas empleadas para el abastecimiento de productos en la industria y el comercio a través de máquinas, este evento que inició en la segunda mitad del siglo XVIII y, asimismo, durante el siglo XIX, propició cambios en la forma de vivir de la humanidad como en sus usos y costumbres, así como en los medios de comunicación y transporte.

Una de las causas que impulsó a la revolución industrial fue la innovación tecnológica y científica debido a esto fue que se pudieron crear máquinas para la producción y desarrollo de diferentes productos.

Otra de las causas fue que hubo una importante inversión de dinero en la ciencia lo cual desencadenó el capitalismo industrial, los empresarios tuvieron el afán de querer generar muchas más riquezas y vieron que lo podían hacer empleando máquinas.

La revolución industrial también se debe a que la población quiso beneficiarse de estas innovaciones al poder mejorar su estilo de vida; pero también trajo con ella problemas de desigualdades sociales los cuales siguen vigentes hasta la fecha.

Tuvo su origen en la era del maquinismo donde las máquinas sustituyeron a la mano de obra de los humanos y fueron empleadas de manera excesiva en la industria.

La primera etapa de la revolución industrial fue debido a los avances logrados en la agricultura y ganadería como nuevas técnicas de cultivo, abono y sistemas de irrigación en conjunto con herramientas de labranza.

En 1750 se tuvo un gran avance gracias a la industria textil británica ya que se creó la máquina de vapor inventada por James Watt, la cual brindaba energía al telar mecánico.

La segunda etapa comenzó en 1850 la cual está caracterizada por el desarrollo y fortalecimiento del maquinismo y la vigencia del capitalismo industrial, en el siglo XIX los países

orientales obtuvieron mayor poder económico, político y hasta cultural sobre el resto de la humanidad. (Historia Universal, 2020)

Los elementos más característicos de esta etapa son:

- La investigación científica se enfoca mayormente a la industria
- Se descubren y explotan nuevas fuentes de energía como la electricidad y el petróleo
- Surgimiento de monopolios debido a la concentración de capitales
- Los negocios pequeños son reemplazados por grandes empresas capitalistas
- Estados Unidos de América, Alemania e Inglaterra compiten en el campo de la industria eléctrica
- Innovaciones en los medios de transporte y comunicación

Desde fines del siglo XVIII hasta al presente la revolución industrial originó la Sociedad Contemporánea causando grandes cambios políticos, económicos y culturales e incrementando de manera exagerada las riquezas del sector industrial y comercial, estableciendo a la burguesía como la clase dominante de la sociedad.

Al mejorar las condiciones de vida de la humanidad, obtuvieron un considerable aumento en su población, lo cual desencadenó una expansión colonial que requirió de abrir nuevos mercados que brindaran materias primas para la población creciente.

Debido a la necesidad incesable de energía, alimentos, ropa y productos los recursos naturales han sido cruelmente explotados originando una grave contaminación para el medio ambiente

2.1) Planteamiento del Problema

De acuerdo con la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), en el río y sus afluentes se encuentran más de 50 contaminantes, entre los que figuran, compuestos y elementos carcinogénicos (Pérez, 2019, pág. 21)

En el río, la mayor parte de la contaminación y desechos provienen de las industrias, abarcando un total de 73 descargas (salidas de desagüe, desecho de residuos industriales), de las cuales 55 se encuentran en la ciudad de Puebla. En la ciudad, la mayor cantidad de desechos se generan a través de la interacción del humano, los ciudadanos que viven a las orillas de este, puesto que sus desechos los vierten en él. (Bravo et al., 2015, pág. 4)

En la era moderna, las sociedades en crecimiento acelerado, están generando un consumo desmedido de los recursos del planeta, pensando que estos son inagotables, desgastando lo poco que quedan. Sin embargo, las nuevas generaciones se han percatado de que, si el consumo desmedido sigue, no habrá recursos para las generaciones venideras, ante esto, se han centrado en generar proyectos para demostrar lo que está pasando y cómo contrarrestar esta situación.

Un ejemplo de ello es el proyecto tecnológico de Ejiro Miyako, debido a la disminución en la población de las abejas desarrolló un robot abeja llamado "Robo bee" el cual se dedica a polinizar plantas y aumentar el rendimiento de los cultivos, otro de sus beneficios es aumentar la diversidad genética y mejorar la calidad de los cultivos. (Eres medio ambiente, 2019)

Otro proyecto innovador es el de "Seabin" un dispositivo que se encarga de filtrar y recolectar basura y contaminantes que se encuentran en superficies de aguas tranquilas, con el borde del contenedor justo debajo del agua y una bomba enganchada al fondo, la basura flotante, se succionan de manera natural hacia al dispositivo y el agua dulce circula hacia afuera. Tiene unas almohadillas que atrapan el aceite e incluso petróleo. (Sustainability degrees, 2020).

En México un proyecto innovador sería el de Bayer llamado "Experiencias Futuristas", es una campaña donde se invita al espectador a concientizar sobre las dificultades que presentará el sector agrícola para producir alimentos para toda la población en el año 2050 ya que para ese entonces habría un total de 10 millones de habitantes y la demanda de alimentos crecerá un 70 %. (Bayer, 2022).

En esta campaña las actividades propuestas fueron experimentos para interactuar de manera amena con la ciencia y tecnología, charlas con especialistas en ciencia, alimentación y tecnologías disruptivas en el campo, una experiencia audiovisual inmersiva (mapping), un pasillo interactivo, entre otras actividades (Berruecos, 2022). Bayer cree que la ciencia, la tecnología y la innovación en el campo, son claves para contrarrestar los efectos del cambio climático, la escasez y sobreexplotación de recursos naturales.

Mientras que en el año 2002 comenzaron las denuncias públicas en el estado de Tlaxcala, las personas aún desconocían en su totalidad la problemática, pero observaban el aumento de situaciones dañinas en la salud, por ejemplo, el aumento de cáncer, en especial, de leucemia que iniciaba con anemia. (Poblanerías, 2018)

Para el año 2002, comenzaron a darse casos de enfermedades en los niños, en los cuales ellos presentaron síntomas variados, desde mareos, cansancio y algunas deficiencias, las familias al llevarlos al médico y hacer estudios, observaron en los resultados, un aumento en los casos del cáncer. Al verificar las conductas, costumbres y hábitos de las comunidades, coincidían en el consumo del agua del río, así como, el consumo de diferentes alimentos que usan dicho recurso para el riego.

Haciendo un análisis de la calidad del agua, se descubrieron varios agentes carcinógenos, siendo estos los causantes de los casos de cáncer en la población joven, también se descubrieron varios puntos de descarga de desechos provenientes de varias industrias, siendo en su mayoría de la industria de Mezclilla (Ibid.., 2018).

En la actualidad el río Atoyac se encuentra en un estado deplorable, esto debido a la constante contaminación presente, desde desechos residuales de industria, desechos residenciales y basura diaria por parte de la ciudadanía.

3.1) Delimitación y Contexto

Este proyecto se sitúa en el estado de Puebla, específicamente en el estudio del río Atoyac, ubicado en la zona sur de la ciudad de Puebla y comprende una investigación histórica del río desde sus inicios hasta la actualidad. Es de carácter teórico teniendo alcance para establecer un prototipo.

4.1) Objetivos de Investigación

4.1.1 Objetivo General

Generar una propuesta a través de un recorrido virtual, que sirva para identificar los problemas ambientales del río Atoyac y difundir la importancia del cuidado de este cuerpo de agua.

4.1.2 Objetivos específicos

Investigar en torno al río Atoyac, su historia y proceso de contaminación, para trasladarlo posteriormente a un instrumento audiovisual.

Desarrollar la propuesta del recorrido virtual estableciendo puntos de interés en el recorrido, que puedan ser usados para el desarrollo del mismo, hacer el modelado de los elementos del recorrido, como props, edificaciones, terreno.

5.1) Justificación

Basándonos en el estado del Atoyac, se observa que no se ha atendido y dado la importancia necesaria al fenómeno de la contaminación, puesto que, desde 1972 se dio el primer foro del medio ambiente y en menos de 50 años de iniciada la educación ambiental a gran escala, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático de la ONU (IPCC) indicó que el planeta alcanzará el umbral crucial de 1.5 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales para 2030, lo que precipitó el riesgo de una sequía extrema, incendios forestales, inundaciones y escasez de alimentos para cientos de millones de personas. (Miller, Croft, 2018)

Con la investigación del río, se descubrieron varios puntos de descargas de desechos industriales, los cuales son los principales focos de contaminación, contando también, desechos propios de casa hogar y desechos de ciudad. En el Río Atoyac, no se ha reducido y ha ido en aumento la contaminación, a pesar de que se han hecho proyectos y programas para su rehabilitación, los cuales no han logrado revertir el problema (Cuaya, 2022). Es por ello, que, ante la inminente situación e impacto en los problemas de salud y el agotamiento de recursos del planeta, se propone este proyecto, cuyos alcances son la difusión a través de un recorrido virtual educativo que permita a los usuarios ir viendo el impacto ecológico que tiene la contaminación, para que reflexionen y pueda considerar medidas para reducirla a futuro.

Dentro de los aportes dados por parte del proyecto será la implementación de la Realidad Virtual, la cual permite que el usuario tenga una inmersión más cercana a la realidad, permitiendo experimentar desde su hogar o donde este se encuentre. El uso de la tecnología nos permite desarrollar experiencias que están surgiendo actualmente, permitiendo a muchos usuarios conocer locaciones, percibir emociones y obtener conocimientos de manera más intuitiva.

6.1) Limitaciones

El presente proyecto tendrá un alcance hasta estado de prototipo, ya que, por limitaciones de recursos humanos, al ser dos personas las que estamos en la realización, se llegará a el primer nivel y un segundo en blocking, definiendo el flujo del proyecto. De la misma manera, las limitaciones de Hardware afectan la calidad de la apariencia, al no poder recurrir a un software de última generación, como la aplicación de nuevas características del motor de juegos. Sin embargo, el prototipo permite que basados en una investigación sólida, se ofrezca un diseño en vías de un financiamiento mayor para mejores resultados.

Establecimos una propuesta de recorrido, teniendo puntos de interés que puedan ser usados en el desarrollo del recorrido, donde se usaron modelos base de humanos y modelos BSP, que sirven para establecer las escalas y dimensiones, y sean fácilmente reemplazados con modelos finales.

III) Desarrollo

3.1) Marco Teórico Sobre la Contaminación del Agua

3.1.1) Antecedentes de Contaminación en Mesoamérica

De acuerdo con algunos estudios arqueológicos, se considera que aproximadamente en los años 600 – 800 de nuestra era apareció repentinamente la metalurgia en el occidente mesoamericano, después del apogeo de las civilizaciones como la Teotihuacana en la cuenca del Valle de México o la Maya en el sudeste pertenecientes al periodo clásico mesoamericano. (Hosler, 1997).

Chantal Cramaussel (1999, p. 95) describe que de entre todas las actividades productivas iniciadas en América por los españoles, la más destructiva fue sin duda la minería, que entonces se consideraba la más noble de todas.

Ilustración 12 Minería en La Nueva España. Nota. Ilustración del trabajo de esclavos en la minería. Tomada de Unión CDMX, 2020, https://www.unioncdmx.mx

En 1568 es fundado el Real de Minas de San Gregorio de Mazapil, los autores Panico y Garibay. en su escrito “Mazapil, Zacatecas, México: un ejemplo de estructura agroganadera colonial (1568 - 1810)” mencionan: *“La carrera por acaparar los yacimientos de metales preciosos fue el*

principal motor de la paulatina integración de los territorios que se encontraban al norte del núcleo de la conquista española en el Nuevo Mundo." (2010, p. 66)

El descubrimiento de las minas fue resultado de una campaña militar que perseguía a Indios Guachichiles; de acuerdo con el Archivo General del Indias, Sevilla, del fondo de Guadalajara, en 1567, el Fray Pedro de Espinereda, realizó un viaje a las minas de San Martín, dando un informe del descubrimiento de minas de oro, plata y otros minerales.

El 28 de agosto de 1584, la corona española, anunció que, cualquier persona tenía el derecho de buscar y explotar minas de oro y plata, ya sea en lugares públicos o privados, con la única orden de que se hiciera el anuncio y registro, dando el resultado de que, entre los años 1569 a 1666, fuesen descubiertas por lo menos 60 minas en la zona de Mazapil, Zacatecas.

En la actualidad el proceso para la explotación minera conociste en remover grandes extensiones de terreno, haciendo uso de explosivos y palas mecánicas enormes, siendo un método en extremo agresivo, pues las explosiones y sonidos provocado por las excavadoras genera malestar a la fauna de la zona, como afirma la Asociación Geoinnova, en su publicación; "Minería a cielo abierto y sus impactos en el medio ambiente" donde habla sobre algunos de los daños que ocasiona la minería a cielo abierto como contaminación del aire, del agua, daños a la superficie de la tierra y a los mantos acuíferos entre otros (2016, párr. 4).

Ilustración 13 Explosión en zona minera. Tomada de Quinde Bryan, 2020, https://www.rumbominero.com

Esta situación es derivada de la falta de gestión y control por parte de la secretaría Distrital del Ambiente, en las actividades mineras desarrolladas en los distritos. Trayendo como

consecuencia que se realicen actividades mineras en zonas no aptas, y que, posterior a la finalización de las actividades, no se realicen actividades de rehabilitación del terreno, pudiendo provocar, afecciones a la flora y fauna, así como a la población de la zona. (Salamanca, 2013).

Todo esto, ha motivado a la transformación del medio ambiente, con la constante fundación y desaparición de pueblos, como se puede ver en el municipio de Mazapil desde su fundación, fue mercado con la explotación minera y la depredación ambiental que deja la minería a cielo abierto, dando como consecuencia, la contaminación de los suelos y aire, debido a las partículas de polvo, resultantes de la excavación de metales pesados y el uso de cianuro para la minería, resultando en enfermedades dermatológicas y crónico degenerativas como el cáncer.

En el escrito Enfermedades Profesionales de la Industria del Cobre: extracción, manufactura y reciclaje afirma que:

> La industria del cobre al ser tan amplia abarca una gran cantidad de patologías que se asocian a la exposición laboral de los trabajadores que desempeñan sus funciones en este sector… En la industria de la minería interesa destacar la mayor incidencia del cáncer del pulmón, así como las neumoconiosis, que son las enfermedades causadas por la inhalación del polvo inorgánico (Cabrera et al., 2014, párr. 18,19).

3.1.2) Antecedentes de contaminación en México

Los resultados de la huella humana son evidentes en prácticamente cualquier lugar donde se encuentre, los niveles de contaminación atmosférica tienen efectos en diferentes niveles, desde local, hasta globales. México se enfrenta con problemas con la calidad del aire desde hace tiempo, principalmente en sus áreas metropolitanas, donde se destaca el Valle de México, el cual es el más conocido y documentado.

En la página de Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) afirma que:

> Los antecedentes de los inventarios de emisiones en México se remontan al año 1988, cuando se implementó el Sistema Nacional del Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas, así como el estudio encaminado a cuantificar las emisiones en la Zona Metropolitana del

> Valle de México (ZMVM). (…) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. 2002, párr. 6)

En 1995 se inició un programa para incrementar la capacidad de México en la elaboración de inventario de emisiones, el cual registra las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, el cual tuvo una ampliación en 2001 orientándose en la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM) (SEMARNAT, 2008, párr. 8), actualmente Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Con los resultados recabados en 1999, se reportaron cuatro entidades que generaban las mayores emisiones de contaminantes, las cuales fueron:

- México
- Veracruz
- Distrito federal
- Jalisco

En ese mismo año, cada habitante del país emitió en promedio cerca de 170 kilogramos de contaminantes atmosféricos. (SEMARNAT, 2008)

3.1.3) Problemas de contaminación en México

De acuerdo con registros que datan de 1535, se comenzó una sobreexplotación y saqueo de los recursos naturales en Baja california, estos derivados de la explotación de minas submarinas de pesca y cultivo de Nácar, en el documento Las Minas Marinas del Golfo de California: del extractivismo a la sustentabilidad, menciona que los pueblos originarios que se asentaron en las costas americanas encontraron ostras perleras, siendo usadas para el alimento, aunque no fueron indiferentes a la belleza de las perlas y a las utilidades de las conchas, siendo empleadas para adornos y herramientas, respectivamente. (Cariño, Monteforte, 2018, párr. 19).

Esta se agudiza en el siglo XIX, prevaleciendo hasta el presente, si las prácticas se mantienen por más tiempo, acabaran con el paisaje, riqueza marina, agua y tierra, recursos que son frágiles y primordiales para mantener la vida y que la región prospere.

En el documento Los Contaminantes Orgánicos persistentes en el Istmo Mexicano hace mención de que, en el territorio del Istmo de Tehuantepec, se registra el Complejo Portuario Industrial Delta del río Coatzacoalcos en la década de 1960. Dando inicio a la era petroquímica con la construcción del complejo Pajaritos en 1967, el Cosoleacaque 1971, Cangrejera 1980 y la Morelos en 1988.

Ilustración 14 Complejo Petroquímico Pajaritos. Tomada de Wikimapia, 2013, http://wikimapia.org

Las posteriores operaciones de las plantas petroquímicas e industrias del rubro, cuyas construcciones de ductos, poliductos y enlaces, construidos en las zonas bajas, haciendo uso de insumos tóxicos, no se contemplaron los daños y alteraciones ambientales a largo plazo. (Bozada, Bejarano, 2006, p. 14, 15).

También es mencionado que, al comienzo del siglo XIX, la Red de Acción sobre Plaguicidas y Alternativas en México (RAPAM), detectó la presencia de Dioxinas en los huevos de gallina, alimento de la canasta básica. Los resultados de las investigaciones, realizadas por la RAPAM, mostraron que el origen de la causa eran las emisiones por parte del complejo Pajaritos, puesto que emitía contaminantes Orgánicos Persistentes (COP). (Ibid.., p. 47).

3.1.4) Contaminación del agua en Puebla

En la actualidad, al agua se le ha dado prioridad en las necesidades humanas, pero no se debe olvidar que es un elemento esencial del medio ambiente, pues es clave para el

funcionamiento y mantenimiento de los ecosistemas naturales y sus biodiversidades. El ciclo hidrológico es importante para la regulación del clima, su alteración (como está sucediendo con el cambio climático), significa también una transformación en la vida de los ecosistemas del planeta. (Fundación AQUAE, 2021, párr. 7)

Ante la ausencia de agua que garantice un recurso de consumo y mantenga la flora, los ecosistemas tendrán una degradación acelerada, perdiendo biodiversidad, bienes y recursos naturales que permiten el funcionamiento de las sociedades modernas. Ante esto, la humanidad se enfrenta a la pérdida del medio ambiente, causada entre otros factores, por las deforestaciones, sobreexplotación y contaminación de mantos acuíferos, degradación de ecosistemas acuáticos y aguas territoriales, así como la sobre explotación pesquera, resultando en la escasez y contaminación de las reservas de agua para el consumo humano.

Ante la llegada de las industrias textiles en Puebla, la contaminación del río Atoyac comenzó en 1835. Las fábricas fueron ubicadas en las inmediaciones del río para que el agua sirviera como fuerza motriz, para lo cual modificaron edificios de producción preexistentes. (Ibáñez, 2012, p. 38).

Esteban de Antuñano fue el primer empresario en fundar una industria textil en el estado de Puebla, siendo instalada en las orillas del río, llamada “La Constancia Mexicana”, fue la primera fábrica textil en el país (con mayores dimensiones en el siglo XIX) que empleó la energía hidráulica para mover su maquinaria. (Bicentenario en Puebla, 2010, párr. 2).

Ilustración 15 La Constancia Mexicana. Tomada de Rleonmx, 2006, https://es.wikipedia.org

Fueron muchos años en los que la Industria Textil contaminó el agua del río Atoyac, esto debido a los procesos utilizados para teñir las telas.

En una entrevista para el periódico Milenio Eduardo Merlo Juárez, historiador de la Universidad Popular Autónoma del estado de Puebla (UPAEP), cuenta que puebla siguió los procedimientos de las empresas de Tlaxcala:

> Se quedó la costumbre de arrojar al río todo lo desechable y con eso volvimos un gran basurero al río. Primero, arrojamos la basura al río y luego vino la baja en el caudal del río. Los ríos se volvieron basureros y ahora, lo que antes era agua, ahora viene con basura. (Zambrano, 2015)

También menciona que en 1870 comenzó el crecimiento industrial Textil en Puebla y que la fábrica que comenzó con la contaminación del rio fue "La Constancia":

> Se han hecho grandes esfuerzos por primero, limpiar el río Zahuapan que se conecta con el Atoyac. Se ha logrado parcialmente, lamentablemente, cada una de las actividades por limpiar los ríos son de trienios o de sexenios. Cada cambio de gobierno se desbarata todo lo que se hizo anteriormente. (Ibidem)

Merlo Juárez habló de las acciones tomadas por parte de los gobiernos federal y estatal, para restaurar parte del río Atoyac, como el establecimiento del Paseo Ribereño, pero las acciones no han logrado concretar la descontaminación del rio:

> Hay que llegar a las fuentes del propio río y desde ahí comenzar la limpieza y eso implica un control que no se tiene, sobre todo, los pueblos, las colonias y todo lo que está al margen del río. Cuesta muchísimo dinero y falta educación de la población, pero no lo hemos logrado. Hay épocas que las autoridades se preocupan mucho, hay programas, pero al siguiente periodo se olvidan. Ahora estamos en una época en la que hay interés. (Zambrano, 2015)

Las futuras consecuencias dependerán de lo que realicemos para conservar los recursos existentes, conservación de la biodiversidad, protección y regulación para los recursos madereros de los bosques, así como mejorar las regulaciones en la pesca en zonas vulnerables.

3.2) La realidad Virtual como medio para mejorar el medio ambiente

Con el auge de la nueva revolución industrial, se está dando un severo impacto a los recursos con los que contamos, y ante esto, la humanidad se enfrenta a una crisis ambiental, la cual debe ser tomada en cuenta para poder contrarrestarla. Con el surgimiento de la tecnología, se puede utilizar a favor para mitigar el deterioro ambiental, dando enfoque a visibilizar estos problemas ante el gobierno y la población.

Actualmente la relación existente entre naturaleza y tecnología debería comprenderse como algo interconectado, ya que ambas puedan colaborar sin perjudicarse entre sí, si logran trabajar como aliadas la naturaleza se podría beneficiar de las aportaciones que hoy en día brinda la tecnología.

Con el crecimiento exponencial de la tecnología, se creó un sistema de virtualización, denominado como “Virtual Reality”, con la cual se han logrado crear ambientes existentes y recrear acontecimientos naturales e históricos, con una fidelidad y realismo tal, que, se han generado impactos en la sociedad.

Ilustración 16 Representación de la Realidad Virtual. Tomada de Universidad de la Costa CUC., 2019, https://www.cuc.edu.co

La página de la agencia "TwoReality", en su artículo "*Cómo la realidad Virtual puede ayudar a proteger el medio ambiente"* habla de cómo las investigaciones de la Universidad de Stanford probaron que la realidad virtual puede ser usada para crear conductas más respetuosas para el trato al medio ambiente. El profesor de comunicación Jeremy Bailenson indica que la realidad virtual puede ofrecer a la humanidad, (independientemente donde vivan) una experiencia que les ayude a entender la urgencia de evitar un desastre ambiental (2020, párr. 7).

En el artículo también es mencionado que Bailenson, junto con su equipo de desarrolladores "VHIL", desarrollaron varios proyectos de realidad virtual, donde la principal premisa era la de generar conciencia en la población de la contaminación del medio ambiente. En los experimentos con sus proyectos, se descubrió que, al talar un árbol mediante la aplicación de realidad virtual, el usuario mostraba mayor interés para disminuir su consumo de papel (Two Reality, 2020, párr. 14).

Varias agencias de realidad virtual y desarrolladores han creado contenidos para hacer ver el impacto ecológico de muchas prácticas habituales en nuestra sociedad actual, esto se debe a la capacidad para generar experiencias inmersivas que generan en los usuarios un mayor sentimiento de realismo. En consecuencia, esto les acaba generando una mayor reacción empática que genera cambios en su conciencia. ejemplo de ello la agencia "TwoReality" antes mencionada donde en la misma publicación hablan de que colaboraron con Céréal Bio para hacer una experiencia "VR" para promocionar sus productos veganos. Desarrollaron un video en 360° que muestra los efectos de la industria cárnica en el planeta, así como las consecuencias de una dieta excesiva en carne (Ibid., párr. 21).

3.2.1) El uso de la Realidad Virtual en la Salud

La Realidad Virtual es una tecnología emergente que es capaz de poner frente a los ojos del usuario, una "realidad" fabricada a través de medios digitales, la cual, es complementada por hardware compuesto de un visor, mandos y sensores de motion capture, de manera que, al unirse a través de un equipo de cómputo, permite que pueda ver, moverse y "tocar" el mundo virtual en el que se encuentra.

Ilustración 17 Guantes de realidad virtual. Tomada de Sagra de Manueles, 2021, https://highxtar.com

Esta tecnología, tuvo su primer acercamiento al usuario el 16 de agosto de 1995 a través, de una consola de videojuegos, desarrollada por la empresa Nintendo, pero no atrajo a la cantidad de usuarios esperados y el proyecto fue desechado, en la actualidad, y con consolas de sobremesa mucho más potentes, se volvió a lanzar un sistema de realidad virtual, permitiendo al usuario, experimentar el juego de primera mano y de una manera más inmersiva, y con el atractivo de este sistema, con el paso del tiempo, se le dieron otras aplicaciones, desde la implementación para el cine, hasta su uso en la medicina, pues e le han dado usos para el tratamiento de fobias.

En el blog "Parallel Wellness", en su publicación "*Exposure Therapy for Anxiety using Viertual Reality"*, donde la autora Jannie habla del cómo este sistema permite que el paciente experimente su fobia de manera gradual en un ambiente controlado, en donde se recrea las situaciones que generen el miedo. Ella también ha probado las aplicaciones de "VR" para enfrentar diferentes fobias, tales como, ansiedad social, acrofobia, hablar en público, aracnofobia, talasofobia, entre otras. En esa publicación también mencionan lo siguiente:

> Thinking back to the person with a fear of spiders- putting on a virtual reality headset can allow them to come in contact with a spider without actually being in presence of one. This can conjure up typical fear reactions (increased heart rate, trouble breathing, paralysis, etc.) in a safe enviroment an enable that person to slowly acclimatize to the impact of these reactions, realizing that these emotions can be managed (Ngo, 2019, párr. 12).

Ilustración 18 Fobias y realidad virtual. Tomada de Visionary Virtual HealthCare, 2020, https://visionaryvirtualhealthcare.com

3.2.2) Gestión Tecnológica en el Medio Ambiente

Actualmente la globalización debería regirse bajo los principios de un desarrollo sustentable para un crecimiento económico, ya que no es viable seguir explotando los recursos naturales sin considerar el impacto ambiental que generan las industrias. Es indispensable crear nuevos métodos de gestión enfocados en el medio ambiente para las empresas, así como en los canales de comercialización para los productos y en las redes de distribución de sus servicios. (Peñaloza, Arévalo & Daza, 2009, p. 311)

Para crear un desarrollo económico sostenible varios países han generado procesos de investigación e innovación, para esto diversos científicos han creado nuevas tecnologías que buscan generar un impacto en la actividad industrial, realizando estrategias de gestión empresarial preventivas, aplicadas a procesos, productos y servicios para mitigar los efectos negativos provocados por la industria en el medio ambiente. (Barrios, 2019).

El investigador Fabián Atencio Sarmiento quien es profesor y coordinador pedagógico de la Universidad de la Costa detalla que las nuevas tecnologías se pueden observar en los medios de información y comunicación, innovación en materiales, nanotecnología y biotecnología; entre otras áreas. Además, señaló que al aplicar estas tecnologías innovadoras lleva a las organizaciones a observar la interacción entre los sistemas sociales y ecológicos, ya que se genera una concientización sobre la problemática que puede convertirlas en aliadas para la solución. (Ibidem)

Empresas norteamericanas y europeas han tomado acciones medioambientales que les han dado un mecanismo para ganar ventaja competitiva ante otras empresas que se han quedado estancadas en cuanto a tecnología ambiental, como es el caso de América Latina, ya que no han conseguido implementar criterios medioambientales con la estrategia competitiva. (Peñaloza, Arévalo & Daza, Op. Cit. p. 315)

En un principio se generaban debates entre las mejoras tecnológicas a favor del medio ambiente ya que generarían un coste adicional para las empresas, pero hoy en día se ha demostrado que la innovación tecnológica beneficia al medio ambiente, ya que se difunden paralelamente. La industria se ha dado cuenta que se puede formar una alianza con las nuevas estrategias medioambientales para ser pilares fundamentales en la economía a la vez de que se solucionan daños ya causados en el entorno. (Barrios, Op. Cit.)

Se espera que se pueda mejorar el bienestar de la sociedad a medida que las nuevas tecnologías se vayan avanzado y empleando para dar solución a las distintas problemáticas que enfrenta el medio ambiente.

3.2.2.1) Innovación en el tratamiento de la basura.

La basura que provoca la tecnología ha sido un problema, ya que millones de aparatos electrónicos, chips y micro plásticos terminan contaminando diferentes lugares del planeta como se ha visto en África o India.

Afortunadamente existen en diferentes ciudades como en España, lugares donde se puede depositar la basura tecnológica, también han implementado leyes pensadas en el cuidado del medio ambiente, como la implementada en 2005 que obliga a los proveedores o fabricantes de refrigeradores recogerlos en las casas una vez que sean cambiados por nuevos modelos. (Sánchez, 2019, párr. 3)

Ilustración 19 Proceso de reciclaje de Electrónicos. Tomada de Reciclaje Electrónico Avanzado, 2019, https://www.desechoselectronicos.com.mx

3.2.2.2) Implementar materiales reciclados

Es un hecho que el planeta necesita empresas comprometidas con preservar el medio ambiente, necesitan estrategias que permitan tener responsabilidad con sus medios de producción, consumo y el modo en que manejan sus residuos.

Empresas como Apple han apostado a este nuevo modo de consumo luchando contra el cambio climático, ejemplo de ello es la producción de sus dispositivos hechos con 100 % de aluminio reciclado (Ibid.., párr. 4). Estos cambios se pueden ver como una economía circular que permite reciclar materiales y productos para evitar que terminen en bolsas de desechos contaminando los vertederos.

Un estudio difundido en septiembre del 2019 por el Comité Económico y Social Europeo menciona los beneficios de la economía circular en el consumo. En ese entonces había 700 millones de móviles en Europa inutilizados y almacenados, los cuales no se llegan a desechar o reutilizar. Este informe plantea que reacondicionar estos dispositivos sería una solución para alargar su vida de uso y reducir así las emisiones que producen de CO_2, si se siguen estas medidas, en diez años las emisiones de CO_2 disminuirían un 29% si la vida útil de un dispositivo se alarga un año y un 43% si se alarga dos años (Ibid.., párr. 5).

La empresa Bark Market especializada en la venta de reacondicionado electrónico determino que si se reutilizan cada uno de estos aparatos se impediría una emisión media de 30 kg de CO_2 a la atmósfera y se ahorrarían unos 12 litros de agua limpia. De acuerdo con estos datos

si se reutilizan los millones de móviles guardados sin utilizar, solo en Europa, se evitaría la emisión de 21 millones de toneladas de CO_2 a la atmosfera y se ahorraría 8.400 millones de litros de agua cada año (Ibid.., párr. 6).

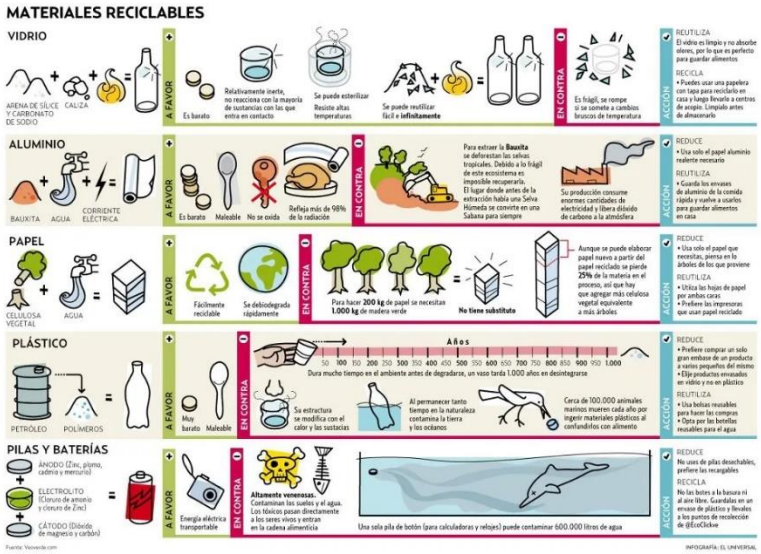

Ilustración 20 Infografía de Materiales Reciclables. Tomada de Vela, 2012, https://ticsyformacion.com

3.2.2.3) Bioeconomía y biotecnología

Para un entorno sustentable se requieren distintos tipos de medidas como lo son los biocombustibles, los cuales utilizan organismos vivos para producir energía, entre otros bienes, mejoran la eficiencia de sectores como la agricultura.

La biotecnología aporta soluciones en forma de bíofactorías que son microorganismos que logran producir sustancias de manera natural o inducida para el uso industrial con altos niveles de rendimiento, por ejemplo, enzimas, pigmentos, principios activos farmacéuticos, ingredientes bioactivos para alimentos funcionales, bioconservantes, bioplásticos, etc. (Ibid., párr. 10).

Otra medida para evitar la contaminación del medio ambiente son los automóviles eléctricos gracias a sus emisiones cero en el área de circulación. Diferentes estudios afirman que en China y a nivel mundial se lograron bajar los niveles de contaminación debido a estos vehículos

(Ibid., párr. 9). También se empieza tomar en cuenta en grandes capitales mundiales, utilizar en menor medida los coches convencionales para reducir el CO_2 en la atmósfera.

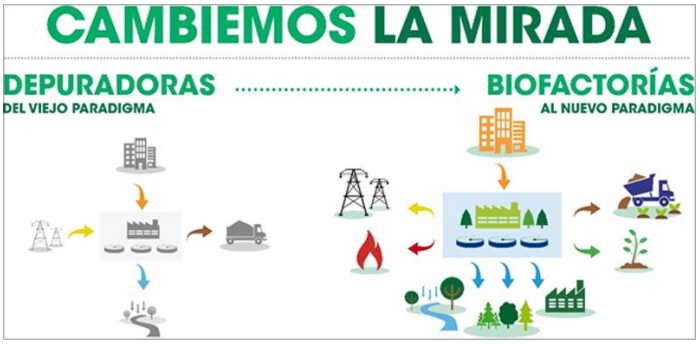

Ilustración 21 Ilustración de Biofactorías. Tomada de Torre-Marín et al, 2019, https://www.smartgridsinfo.es

3.2.2.4) Comunidades sustentables

Una de las principales causas del efecto invernadero son las altas concentraciones de dióxido de carbono y agentes contaminantes en el entorno debido a la carga de tráfico. Esto se puede observar en grandes ciudades cuando los niveles de polución son exageradamente elevados, derivado a los millones de personas que viajan solas a su trabajo en coche. Una solución sería el trabajo en casa por computadora, ya que se eliminaría la necesidad de desplazarse frecuentemente.

El teletrabajo, los servicios de gestión de flotas o soluciones como “Smart Agro”, “Smart Lighting” o “Smart Waste” son innovaciones que proponen poder frenar el cambio climático en al menos 15% y en un futuro hasta un 85% (Ibid.., párr. 14).

Ilustración 22 Teletrabajo. Tomada de Chuliá, 2020, https://blog.funcas.es

Las energías "*verdes*" deben ganar más terreno en el ámbito de la producción energética de los países. Las "Smart cities" están desarrolladas principalmente para disminuir el impacto medioambiental por medio de la tecnología ya que contribuye a un mejor autocontrol de la producción y consumo como la energía solar inteligente.

Gracias a la digitalización es que la energía solar ha sido posible a través de paneles solares inteligentes que se pueden instalar fácilmente en los techos de las casas y enlazar con los sistemas de energía inteligente para tener un mayor control sobre el gasto y producción energético.

La energía eólica es un medio de producción renovable que se ha visto potenciada debido a la tecnología. Gracias a la innovación tecnológica es que se puede medir de manera confiable y precisa el viento en altamar o controlar, diagnosticar y monitorear las turbinas eólicas mediante software con inteligencia artificial para hacer más fácil, eficiente y económica la producción energética.

En cuanto a la energía hidráulica, en los últimos años se han creado distintos prototipos a pequeña escala que permiten instalar turbinas en ríos de menor tamaño para conseguir energía sin la necesidad de grandes instalaciones. Otras energías sustentables e innovadoras son la mareomotriz y la undimotriz que utilizan las corrientes marinas para generar energía (Ibid., párr. 19).

3.2.2.5) La tecnología como medio de apoyo

Uno de los principales impactos al medio ambiente proviene de los micro plásticos, los enseres no reciclados y otros agentes contaminantes. Se estima que se vierten alrededor de ocho millones de toneladas de estas piezas imperceptibles en los océanos. Recientemente, un informe ha puesto de relieve que se ha perdido el 2% del oxígeno en el agua. Algo preocupante.

Los microplásticos, la basura no reciclada, entre otros agentes, han sido un grave problema para el medio ambiente. Un estudio demostró que se ha perdido un 2% del oxígeno debido a que se considera que hay 8 millones de estas piezas imperceptibles en los océanos (Ibid., párr. 11).

Derivado a la creciente contaminación se han puesto en marcha propuestas por parte de la robótica para que hagan labor de limpieza y cuidado a los ríos y océanos. Por ejemplo, en Costa Rica han desarrollado una tortuga artificial que se encarga de limpiar los microplásticos en el mar utilizando la tecnología de un dron autónomo sin afectar a los seres vivos que están cerca de ella (Ibid., párr. 12).

La inteligencia artificial también ha aportado avances para la mejora del medio ambiente, en la Universidad de Shinsu han implementado un método para recolectar los microplásticos por medio de acústica aplicada a un dispositivo especializado. Otro innovador proyecto es el de la Fundación Leonardo DiCaprio, Oceana y SkyTruth e impulsado por Google, el cual proponen realizar un mapa capaz de monitorizar en tiempo real la actividad de las flotas pesqueras a nivel mundial para poder detectar actividades ilegales por medio de la inteligencia artificial (Ibid.., párr. 12).

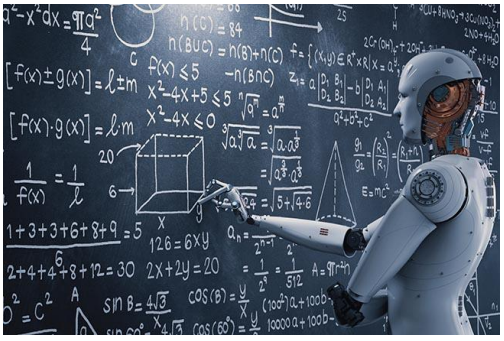

Ilustración 23 Representación de Inteligencia Artificial. Tomada de Rodríguez, 2018, https://es.mlab.ai

Las nuevas tecnologías permiten contribuir a la difusión de los diferentes procesos de contaminación aplicándola con un modelo de simulación que permita mostrar en tiempo real los efectos a largo plazo que va a causar la contaminación y las afecciones que van a tener en el medio ambiente.

3.2.3) Historia de la Realidad Virtual y la evolución del Hardware

Para partir de este punto, se hablará de los visores de realidad virtual, sus inicios, su evolución, sobre cual se usará para el proyecto y del cómo (con el nuevo avance y capacidades de tecnología presentes) permitió darle mayor popularidad al equipo ya que su uso se ha expandido más allá de solo el entretenimiento.

Ilustración 24 Estereoscopio. Nota Primer acercamiento a la Realidad Virtual. Tomado de NCLO Cultura y Ciencia, 2017, https://www.negocioscontralaobsolescencia.com

La realidad virtual, aunque se crea que es actual y que no lleva muchos años en el mercado, su origen es mucho más lejano de lo que se cree. En 1836, Charles Wheastone invento un visor llamado *Estereoscopio*, el diseño de este simulaba unos binoculares, y al final de este a una distancia determinada, sostenía una fotografía doble, la cual, con una variación del ángulo, dando como origen las fotografías y cámaras "Estereoscópicas" y siendo vista a través del visor, generaba un efecto de "3D" y de profundidad, esto da pie, al primer diseño de un visor de "Realidad Virtual". (DeuSens, 2018, párr. 5),

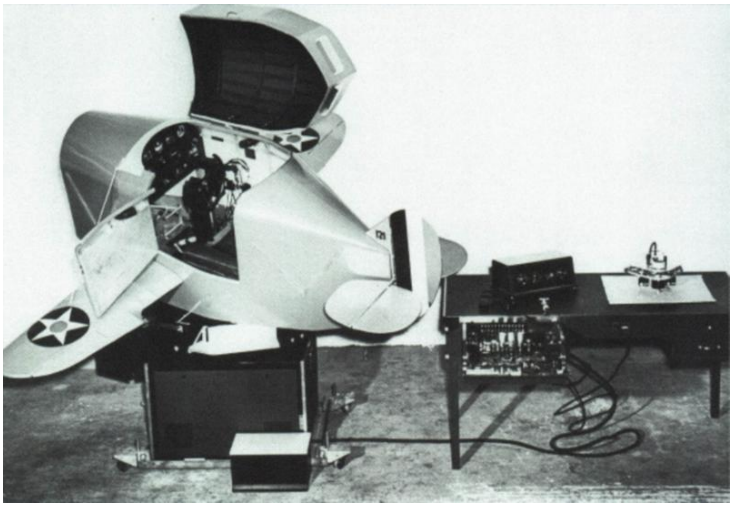

Ilustración 25 Blue Box por Edwin A. Link. Tomada de Polanco, 2015, https://alpoma.net

En 1929, después de casi 100 años, Edwin A. Link creó el *Link Trainer*, el cual posteriormente fue apodado como "*Blue Box*" (Ibid.., párr. 6), se trató de una solución en *RV* para el entrenamiento de pilotos estadounidenses, dado que, el aparato era capaz de recrear las condiciones de vuelo real, condiciones meteorológicas, así como los comandos del piloto, de esta manera, las unidades podían entrenar sin arriesgar sus vidas y la aeronave.

Ilustración 26 Primer View-Master. Sawyer´s. Tomada de ToyNostalgia, 2017, https://toynostalgia.blogspot.com

En 1939, basándose en el diseño del estereoscopio, William Gruber diseñó, creó y patentó el "*View-Master*", este nuevo visor tenía como función, el uso de discos de cartón con 7 pares de filminas estereoscópicas, y apoyado de una fuente de luz, permitía ver diferentes imágenes, de

diversos temas, como escenarios, animales, etc. Pero debido a la delicadeza de las filminas, el visor recomendaba el uso de velas o focos, para evitar el daño de los discos. (Ibid.. párr. 7)

Una Blogger llamada Karen, realizo una "Review" en su página, del libro V*iew Master, The Biography of William B Gruber*, escrito por su hija, donde narra cómo fue la vida de su padre "*The idea for viewing images in "stereo" for depth was not new. But Willi came up with a way to rotate the images on a disk in a special viewer"* (Karen, 2020, párr. 6)

Con rediseños y mejoras posteriores, se agregaron lentillas polarizadas, permitiendo usar otras fuentes de luz y que estas no dañen la vista del usuario, también se realizó una mejora en el sistema de rotación, al ser empleada una palanca con muelle, permitiendo el cambio rápido del disco. Lamentablemente, debido al diseño y los usos limitados, el View Master solo pudo ser catalogado como un juguete, sepultando al visor.

En el año de 1957, debido al panorama cineasta de los años 50´s, muchos artistas se plantearon la idea de crear artefactos "Futuristas" que pudiesen ser empleados en los cines, con esto, el cineasta Morton Heilig, dejó en claro que no existen barreras creativas, de este modo, inventó una cabina de gran tamaño, la cual tenía la función de poder "estimular" cuatro de los sentidos del humano: vista, olfato, oído y tacto. (DeuSens, Op. Cit. Párr. 9).

Ilustración 27 Sensorama. Morton Heilig. Tomada de Trillnick, 2016, https://proyectoidis.org

El blog de reviews "Xataka", publicó un artículo llamado *El primer simulador VR de la historia, y se inventó a finales de los 50*, donde menciona el invento de Heilig llamado "Sensorama".

> Ofrecía más bien una experiencia cinematográfica inmersiva multisensorial en la que podías experimentar la sensación que produce conducir una moto. No sólo te introducías en las imágenes, sino que te permitía sentir el viento sobre tu cara y el olor del entorno por el que conducías, algo que hoy en día todavía no se ha logrado recrear en la realidad virtual moderna (Fernández, 2018, párr. 2).

Este aparato, mezclaba múltiples tecnologías, haciendo uso de las imágenes 3D estereoscópicas, una visión de campo amplio y sonido estéreo real (Sonido de dos canales, izquierdo y derecho). La cabina contaba con una pantalla montada a la cabeza, aunque, el diseño no logró materializarse por cuestiones de tamaño, la incomodidad del usuario al usarla y la tecnología de la época, cimentó las bases de futuras creaciones.

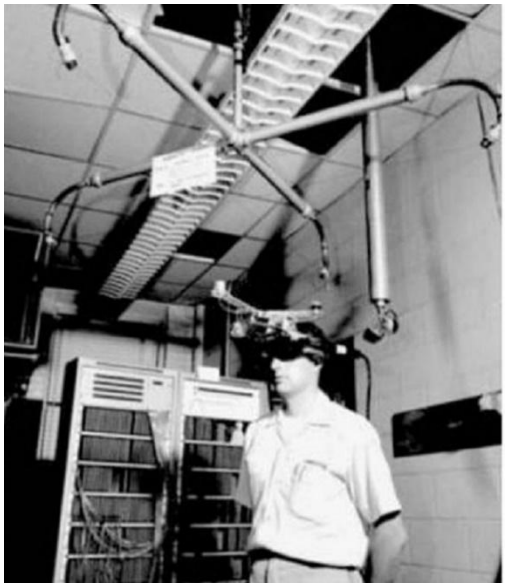

Ilustración 28 HMD, Sword of Democles, Ivan Sutherland y David Cohen. Nota La Espada de Damocles (Sword of Damocles) es considerado el primer visor de realidad virtual y realidad aumentada Tomada de Servin, 2020, https://proyectoidis.org

Para 1968, el "*Head Mounted Display*" (HMD), se trató de un prototipo creado en Harvard, a manos de Iván Sutherland y David Cohen. Sutherland baso su tesis doctoral del MIT, en el desarrollo de una serie de programas 2D interactivos, usando el ordenador transistorado TX-2, mientras que Cohen desarrolló el primer simulador de vuelo 3D, haciendo uso de gráficos vectoriales, el cual fue nombrado como "*Sword of Democles*" (Servin, 2020).

Este dispositivo consistía en dos diminutos tubos de rayos catódicos, los cuales se conectaban a una computadora, la cual generaba las imágenes graficas sobreimpresionadas en la

escena real, utilizando un sistema de espejo. Con el uso de un brazo mecánico, el "*Visor*" se encontraba suspendido, necesitando estar parado, permitiendo reconocer la posición y orientación del usuario.

Este visor, permitía ver el objeto suspendido en la habitación, permitiéndolo ver desde diferentes vistas, al hacerlo rotar. El proyecto no tuvo un desarrollo a largo plazo, pero al contar con las principales características que hoy se usan, permitió el desarrollo de sistemas mejorados.

Para 1966, Tom Furness comenzó su carrera como pionero de la *RV* y *RA*, mientras trabajaba con la Fuerza Aérea de EE. UU., comenzó el desarrollo de unas pantallas montadas a un casco, unos sistemas visuales acoplados, permitió el desarrollo de un sistema llamado "*Super Cockpit"*

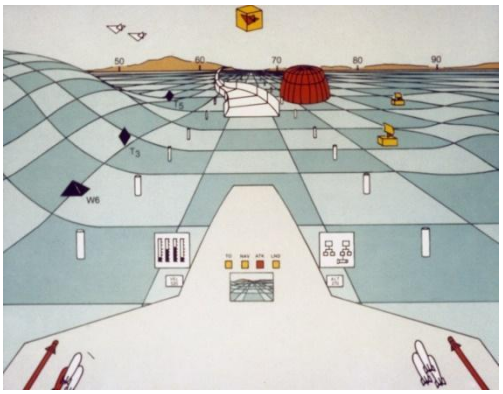

Ilustración 29 Super Cockpit. Tomada de Servin, 2020, https://proyectoidis.org

Furness decidió dejar la milicia para "*beat his swords into plowshare"* (Bye, 2015, párr. 1) y para poder llevar estas tecnologías de RV al público general, inició el "*Human Interface Technology Lab"* en la Universidad de Washington, donde realizaría una investigación original para demostrar la eficacia de la RV en diferentes campos, tales como la medicina, educación y formación. También formó parte de la invención de la tecnología "*Display de Retina Visual*" a principios de los 90´s, la cual se usaría de base para la tecnología de visualización de campo de luz en el "*Magic Leap"*.

Ilustración 30 Magic Leap 1. Tomada de Magic Leap, 2020, https://www.magicleap.com

Furness fue una de las tres personas que se involucraron en crear un nuevo medio inmersivo, el cual se conocería como realidad virtual. En el periodo de 1966 a 1969, el Sensorama de Heilig, y The Sword of Democles de Sutherland y Cohen, se encontraban en desarrollo a la par de las primeras pantallas montadas en cascos que desarrollaba Furness en conjunto con la fuerza aérea.

Furness estuvo involucrado en la evolución de la RV desde sus inicios, los proyectos de RV y RA en los que trabajó, fueron desarrollados principalmente para el entrenamiento de los pilotos de combate. Para los 70´s las capacidades de las aeronaves comenzaban a superar a los pilotos, puesto que el F-15, siendo un modelo nuevo, contenía nueve botones diferentes en la palanca de control, siete más en el acelerador, y una descomunal variedad de indicadores, interruptores y diales, a lo que se le suma la presión durante el vuelo que combina las fuerzas G y variaciones de presión, y el combate.

Debido a la experiencia en la creación de pantallas visuales, tenía una idea de cómo afrontar la cantidad de información que reciben los pilotos. Con la obtención de fondos para un prototipo, el cual se desarrollaría en la base aérea de Wright-Patterson, de Ohio, el "*Visual Coupled Airbone Systems Simulator"* (VCASS) (Ibid.. párr. 4). Fue presentado en 1982, los pilotos usaron un casco al cual apodaron como "*Darth Vader Helmet"* y se sentaron en la maqueta de la cabina.

Ilustración 31 Sistema VCASS, Tomada de Servin, 2020, https://proyectoidis.org

El VCASS implementaba el sensor de seguimiento Polhemus, para poder determinar la posición, orientación y dirección de la mirada del piloto, esto con seis ejes de libertad. Contenía un CRT (tubo de rayos catódicos) de una pulgada de diámetro, que adaptaban las imágenes con dos mil líneas de exploración, cuatro veces más que un televisor, permitiendo un mayor detalle en la inmersión del piloto, permitiendo la creación de un mundo que agiliza la información para el piloto.

El VCASS permitió el desarrollo del programa "Super Cockpit" en 1986, el cual fue descrito como un sistema en donde el usuario se pone "un casco mágico, un traje de vuelo mágico y unos guantes mágicos" (Ibid.. párr. 10) y que luego lo transporta a un mundo virtual inmersivo.

De 1986 a 1989, Furness dirigió este programa, la idea de tras de este, era que la capacidad de los pilotos era dependiente de que los datos presentados fuesen aprovechados por los mecanismos perceptivos naturales del ser humano. Al aplicar el HMD, Furness diseñó un sistema que era capaz de proyectar mapas en 3D generados por computadora, imágenes de radares e infrarrojos con visión de futuro y datos de aviónica en un espacio virtual inmersivo, el cual podía ser visto y escuchado en tiempo real.

Con la mezcla del seguimiento del casco, controles por voz y sensores, permitieron al piloto controlar la aeronave a través de gestos, expresiones y movimientos oculares, dando un nivel de inmersión más parecido a la realidad, con esto, Furness se dio cuenta de la visión del Licklider, de la simbiosis humano-maquina, al poder crear un entorno virtual, el cual permitió a los pilotos volar a través de los datos.

Ilustración 32 VIEW, NASA. Tomada de Pardo, 2018, https://www.neoteo.com

En 1986, la NASA también quería su *pedazo del pastel*, puesto que en la "*Consumer Electronics Show",* presentó el "*Virtual Interface Enviroment Workstation"* (VIEW) (Servin, Op. Cit.). Fue desarrollado en conjunto con la empresa VLP Research, Inc. para poder ayudar con el entrenamiento de los astronautas, produciendo un sistema de experiencia inmersiva, puesto que se incorporó el procesamiento de "Audio 3D Binaural" en tiempo real.

Ilustración 33 Traje Háptico para el VIEW, NASA y VPL. Tomada de Ausel, 2019 https://proyectoidis.org

El sistema consistía en unas gafas con visión estereoscópica “EyePhone”, el guante “DataGlove” y el traje “DataSuite”, este hardware también fue desarrollado por VPL Research. Las gafas permitían la visualización del entrono real, el cual se trasmitía desde cámaras remotas o un entorno virtual por ordenador, y en complemento con el traje y los guantes, se obtenía la información del movimiento y posición del usuario y a su vez la interacción con el entorno. Este dispositivo, permitía un campo de visión de 120° en cada ojo, usando dos displays LCD e incorporo un control por voz, para distintos comandos.

Ilustración 34 SEGA VR. SEGA. Tomada de Sanmartín, 2020, https://www.vidaextra.com

En 1991, una empresa de videoconsolas de sobremesa y desarrolladora de videojuegos, SEGA, intentó lanzar un complemento de RV para una de sus consolas y que fuera para el público convencional. Con el diseño inspirado en el visor de la película "RoboCop", Genesis incorporaba displays lcd, auriculares estéreo y sensores de movimiento, tratando con esto, conseguir una inmersión en RV lo más realista para la época (DeuSens, Op. Cit. Párr. 15).

Ilustración 35 Virtual Boy, Nintendo. Tomada de Fantasymundo, 2020, https://www.fantasymundo.com

No obstante, el proyecto no salió al público, debido a que SEGA, temiendo que el resultado realista para la época pudiera poner en riesgo la salud del usuario. Pero a su vez, la gran Nintendo, si logró desarrollar y lanzar un sistema de RV, llamado "*Virtual Boy*" (M.B., 2015), esta tenía varias diferencias al de SEGA, de las principales, era el uso de pantallas monocromáticas en rojo, con un fondo negro y los juegos usaban un sistema de "Paralaje" el cual simulaba un entorno 3D.

Debido al alto contraste del rojo con el negro, esto generaba una incomodidad al usuario, haciendo que alguno de los cartuchos, incluyeran un sistema de descanso cada 30 minutos, sumando la corta cartelera de juegos que se desarrollaron y las bajas ventas, la compañía optó por

dejar de producir el visor y detener el desarrollo de contenido para esta, haciéndola uno de los mayores fracasos de la empresa, el cual intenta “olvidar”.

Para terminar, y con un salto de más de 20 años, la tecnología de RV seguía siendo encasillada en algo solo para el entretenimiento y con los fracasos anteriores, casi nadie se atrevía a dar el paso al desarrollo de un nuevo sistema. No fue, hasta que, en 2009, Palmer Luckey, estando frustrado por la insuficiencia de pantallas montadas en la cabeza en el mercado, se decidió a experimentar y desarrollar un sistema propio, ya que las anteriores carecían de un alto contraste de alta latencia (tiempo entre que la imagen se genera desde una fuente hasta que se proyecta en la pantalla), tenían bajo “FOV” (“Field-of-View”, campo de visión) y el costo, así como el peso y volumen de estos eran demasiado altos.

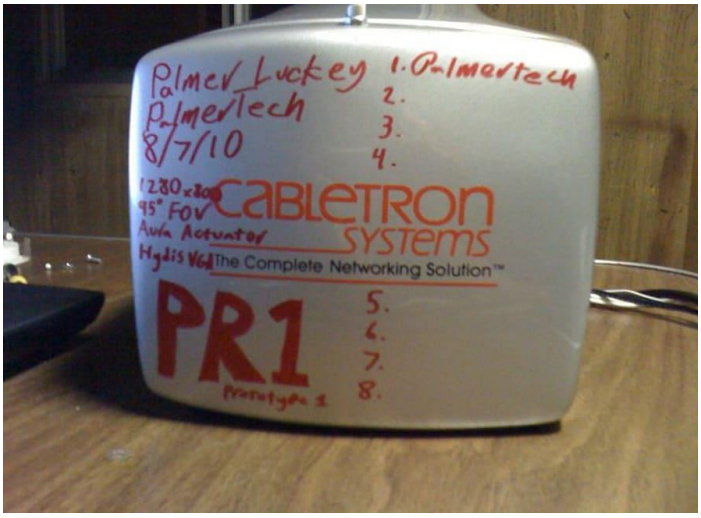

Ilustración 36 Oculus PR1. Nota Palmer Luckey crea su primer prototipo PR1. Tomada de Luckey, 2010, https://www.realovirtual.com

Luckey completó su primer prototipo llamado “*PR1”* a la edad de 17 años, en el garaje de sus padres en 2010, este nuevo sistema presentaba varias mejoras, las cuales fueron un FOV de 90°, baja latencia y una retroalimentación “*Háptica”* (tecnología que puede recrear la experiencia del “toque” haciendo uso de fuerzas, vibraciones o movimientos al usuario) incorporada.

Ilustración 37 Oculus Rift dv1, DIY Kit. Tomada de OnlineCmag Team, 2021, https://www.onlinecmag.com

Luckey continuó con el desarrollo y mejoras a su sistema, agregando sistemas como la estereoscopia 3D y un FOV extremo de 270°, mientras reducía el tamaño y peso del sistema, él publicaba sus avances en "*Meant to be Seen 3D"* (Colaboradores de Wikipedia, 2021) un foro frecuentado por un número reducido de entusiastas de la RV en esas fechas. Para la sexta generación de su sistema, fue renombrada como "Rift", pensado para ser lanzado en un modelo de "DIY" (do it yourself – hágalo usted mismo), realizó una campaña en la plataforma de Kickstarter (*Oculus Rift: Step into the Game*, 2012), la cual fue lanzada en abril del 2012, mostrando públicamente el "Oculus Rift".

John Carmark, de ID Software, un notable desarrollador de videojuegos, famoso por su trabajo en la franquicia de "DOOM" y "Quake", le hizo una solicitud a Luckey para el uso del visor, el cual le fue prestado de forma gratuita. Carmark presentó el videojuego "DOOM 3: BFG Edition" con el visor de Luckey en la E3 (Electronic Entretainment Expo) del 2012. Ante el repentino interés de miles de personas en el visor, Luckey decidió abandonar la Universidad para poder dedicarse de tiempo completo al desarrollo del Oculus Rift.

Luckey, también le mostró el visor a Gabe Newell, CEO de Valve, plataforma de distribución de videojuegos para Computadoras, recibiendo la aprobación en la campaña de Kickstarter, el cual comentó "*It looks incredibly exciting. If anybody is going to tackle this set of hard problems, we think that Palmer is going to do it. We´d strongly encourage you to support this Kickstarter"* (Ibid.., 2021), en la siguiente campaña de Kickstarter para el Oculus, la campaña recibió la aprobación de diversas figuras prominentes de la industria de videojuegos, incluyendo

Cliff Blenzinski (Desarrollador del Unreal Game Engine y la franquicia de Gears of War), David Helgason (CEO y fundador de Over the Edge Entertaiment, posterior Unity Game Engine) y Mark Bolas (trabaja con el Hololens de Microsoft, lentes de RA).

Durante la campaña de Kickstarter, Luckey demostró el Oculus a jugadores y prensa de diversas convenciones, Incluidas la PAX (Penny Arcade Expo), Gamescom y la QuakeCon 2012. Dado el enorme éxito de la campaña y el enorme interés del visor, fue capaz de recaudar más de US$2.4 millones, el equivalente al 974% de la meta original. Después de recaudar más de un millón de dólares, Brendan Iribe, fue contratado como CEO de Oculus por Luckey, en agosto de 2012. Como resultado de las recaudaciones de la campaña, decidieron expandirse, dándose la tarea de contratar a más personal y buscar un espacio de trabajo más grande.

Luckey se mantuvo trabajando en todos los aspectos del negocio, diciendo "*I have my hands in everithing, from product enfeneering to game decelopment to marketing.*" Posteriormente dedicándose al hardware, llamándolo "su proyecto favorito".

En marzo del 2014, Oculus VR fue adquirido por Facebook por US$3 Billones. Poco después de su adquisición, ZeniMax Media presentó una demanda en el tribunal del Distrito de los Estado Unidos para el distrito Norte de Texas, la demanda sostuvo que Luckey y oculus utilizaron "Secretos comerciales, código informático en Copyright y conocimientos técnicos relacionados con la tecnología de VR" (Candil, 2014) de ZeniMax, pidiendo resarcimiento económico por incumplimiento de contrato, infracción en CopyRight y competencia desleal. Zenimax afirmaba que había invertido millones de dólares en investigación y desarrollo de tecnología de RV, y que Luckey y Oculus carecían de la experiencia y los conocimientos técnicos necesarios para crear un casco de realidad virtual viable.

El juicio con jurado finalizó el 2 de febrero del 2017, se encontró que Luckey había violado un acuerdo de confidencialidad que tenía con ZeniMax, pero no fue otorgado el resarcimiento de daños, juzgando el daño como "minimis". En junio del 2018, el juez que supervisaba el caso desestimó todos los daños adeudados por Luckey y redujo la cantidad adeudada por otras partes a US$250 millones. (Colaboradores de Wikipedia, Op. Cit.)

3.2.4) Características de los sistemas existentes

Ilustración 38 Oculus Rift CV1, Meta. Tomada de García, 2019, https://hardzone.es

El Oculus Rift CV1, tiene una resolución de 2160 x 1200 pixeles, siendo 1080 x 1200 por ojo, cuenta con 456 DPI (dots per inch – medida para medir la calidad de imagen en un Display), un Display o monitor OLED, la taza de refresco es de 90Hz, su ángulo de visión es de 110°, y unos auriculares del tipo "Over Ear" desmontables (cuentan con su herramienta).

Para realizar el rastreo del reconocimiento de la cabeza, se usan sensores infrarrojos de pedestal, que captan la posición del visor y de los mandos *Touch*, estos vendrán uno o dos, dependiendo de la versión adquirida. El visor permite una interacción de 360° para mejorar la inmersión, la cantidad de sensores dependerá de la aplicación o juego que se use. En los controles, se agrega un motor vibratorio para la retroalimentación háptica. Actualmente este modelo se encuentra descontinuado.

Ilustración 39 Oculus Go Gen 1, Meta. Tomada de Calzada, 2018, https://www.desconsolados.com

Actualmente, el Oculus se mejoró, y se presentó un nuevo modelo el 11 de octubre de 2017, llamado “Oculus GO”, diseñado en conjunto con Qualcomm, diseñador de SoC (Sistem on Chip – sistema en chip) móvil y Xiaomi (fabricante de móviles), este era independiente de su predecesor.

A diferencia del modelo de computador, tiene una resolución de 2560 x 1144 en total, un CPU Snapdragon 821 y 3GB de RAM, cuenta con dos versiones, una con 32 GB y otra de 64 GB de ROM. Al ser independiente, su funcionamiento es a través de una batería, su puerto de carga es de tipo Micro-USB, su conectividad es por Bluetooth y WI-FI, su sonido es estéreo 3D, pero su sensor de movimiento solo es capaz de detectar la rotación del visor. Pese a su portabilidad su control es más sencillo y no es capaz de detectar si el usuario se mueve a través de la habitación.

Ilustración 40 Oculus Quest, Meta. Tomada de Amazon, 2019, https://www.amazon.com.mx/Oculus-Quest-All-Gaming-System

Para el 21 de mayo de 2019, se presentaron dos nuevas actualizaciones en los modelos existentes de los visores, siendo el “Oculus Rift S” y el “Oculus Quest”. Las diferencias son las siguientes, en el caso del Rift S, cuenta con una pantalla del tipo LCD con 2560 x 1440 de resolución total, la taza de refresco se redujo a 80 HZ en comparación al anterior, este reemplaza los sensores de pedestal por unos integrados, permitiendo 6 grados de libertad, y el tracking propio de Oculus “Insight”, igual que su hermano, cuenta con dos controles *Touch*, cambiando solamente la posición de sus sensores de rastreo, siendo ubicados por encima de la mano. Y mejorando el audio por un sistema nuevo denominado estéreo “Passtrought+” que permite la salida de audio sin alteraciones.

En el caso del Quest, este también es independiente, sus cambios fueron el cambio del CPU siendo un Snapdragon 835 y 4 GB de RAM, con dos versiones uno de 64 GB y otro de 128 GB de ROM. Ambos modelos con un display tipo OLED, mejorando la calidad de imagen, con

resolución 2880 x 1600 en total, teniendo mejor calidad de imagen, la taza de refresco es de 72Hz. En comparación a su predecesor, este si cuenta con controles *Touch* similares a los del Rift S. Teniendo una mejora notable con su antecesor.

Posterior, este modelo tuvo una actualización, donde los cambios fueron en la resolución, siendo de este 3664 x 1920, teniendo una taza de refresco de 72HZ, con actualizaciones posteriores, llegando hasta los 120HZ. El CPU se cambia por un Snapdragon XR2, teniendo mejor rendimiento, sumando un aumento a 6 GB de RAM y con dos versiones, una de 64 GB y otra de 256 GB de ROM y mejorando la duración de la batería en los controles, marcando hasta cuatro veces más, que el modelo anterior.

Ilustración 41 HTC VIVE Pro. Tomada de HTC Corporation, 2021, https://business.vive.com

Pasando por mejoras importantes, estos nuevos visores, permitieron que se deje de considerar la RV como algo solamente para el ocio y entretenimiento, pues mejoró la percepción y aceptación, poniéndola de moda. Y como es común en la tecnología, salieron varias empresas a desarrollar sus propios visores, saliendo al mercado y siendo mostrados al público en el 2016.

Desde esta fecha, comenzaron a fabricarse visores de varias empresas, permitiendo que se encuentre diferentes opciones para adquirir, dentro de estos los más populares son: el Oculus de Facebook y el HTC Vive de HTC (fabricante Taiwanés de Móviles). A pesar de la fama de la realidad virtual, las empresas de videoconsolas de sobremesa, no todas se han adentrado a desarrollar los propios, teniendo solamente uno, por parte de la empresa SONY.

Lanzando el 13 de octubre de 2016, el “PlayStation VR”, para uso exclusivo con su videoconsola PlayStation 4. El modelo presentado por SONY, cuenta con su visor, una cámara y dos controles PlayStation Move. Este cuenta con una pantalla del tipo OLED, con resolución 1920 x 1080, su taza de refresco es de 120 y 90 Hz, el FOV es de 100°, su sistema de rastreo se hace por medio de nueve leds azules, los cuales son detectados por la cámara, permitiendo que se conozca la orientación y posición del usuario en el área de juego. Así como el casco, los controles cuentan con una esfera iluminada, con la cual detecta el movimiento de las manos. Tiene la capacidad de reproducir sonido 3D.

Ilustración 42 Play Station VR Sistema, SONY. Tomada de Estrada, 2017, https://www.fayerwayer.com

Con el lanzamiento de la consola PS5, SONY declaró que es posible usar el visor y la cámara, y que todos los juegos de PS VR son retro compatibles. Solo será necesario usar un adaptador para la cámara. Y en el caso de los juegos que usan el mando de la consola, será necesario usar el DualShock 4, control de la PS4. Sumando un anuncio de un nuevo visor en desarrollo, pero sin fecha de lanzamiento, ni características de este.

Ilustración 43 Nintendo LABO VR Kit, Nintendo. Tomada de Nintendo of America, 2019, https://twitter.com/NintendoAmerica

Sin quedarse atrás, Nintendo decidió implementar la tecnología de RV, pero sin la necesidad de un visor propio, pues usando la última consola del mercado que saco, la Nintendo Switch, sacó un paquete de "Desarrollo". Lanzando así "Nintendo LABO", kit de plantillas impresas en cartón, que permiten usar de manera intuitiva e inmersiva los controles y la consola, teniendo un paquete de RV, su funcionamiento se basa en un "casco" de cartón montado a la cabeza, permitiendo experimentar la realidad virtual.

Estos son los únicos sistemas de RV desarrollados en consolas, en la actualidad, no se han mencionado si algún otro fabricante de consolas esté en desarrollo de un sistema.

Además de los sistemas mencionados, y sus desarrolladores, existe una empresa llamada "KatVR", la cual se está dedicando al desarrollo de sistemas inmersivos, pues cuenta con plataformas de movimiento, sistemas para el cuerpo y un sistema háptico. En el caso de las plataformas, estas permiten al usuario poder realizar caminatas, correr, agacharse (algunos modelos) y rotar el cuerpo, mejorando la inmersión del usuario. El sistema de Tecnología Háptica, que es un chaleco, permite experimentar vibraciones que simulan los impactos en el cuerpo del personaje en el juego.

Ilustración 44 KAT loco S, Kat-VR. Tomada de KATVR, 2020, https://www.kat-vr.com/

También se encuentran en el mercado, sistemas destinados a la simulación de vuelo y conducción, los cuales recrean el movimiento del vehículo, siendo la orientación y condiciones del terreno, estos se encuentran disponibles en diversas versiones, siendo los más sencillos, que recrean solamente la orientación e inclinación, hasta los más complejos, pudiendo recrear la posición del vehículo con respecto al juego, es decir, si se encuentra en un simulador de vuelo y el avión esta de cabeza, estos sistemas pueden recrear este posición. Cuentan con diferentes rangos de precio, tamaño y tipos de sistemas para la simulación.

Para finalizar este apartado, en la actualidad hay diferentes fabricantes y desarrolladores de sistemas de RV, así como sistemas hápticos, con diferentes características, funciones, tamaños y precios, permitiéndole al usuario poder encontrar el que mejor se adapte a las necesidades que tenga.

3.2.5) Usos y diferencias en Realidad Virtual y Realidad Aumentada

Como complemento del tema anterior, se explicarán las principales diferencias entre los sistemas de RV (realidad virtual) y RA (realidad aumentada)

En primera instancia, se cuenta con “Simuladores”, estos tratan de reproducir/emular la realidad, dependiendo del tipo que sean, requieren recrear las condiciones del escenario o situaciones, y despendiendo de esto, requerirán el tipo de programación pertinente. En este apartado se cuenta con simuladores de conducción, vuelo o de alguna actividad como granjero,

administración de alguna empresa o negocio, profesión, etc. Existen algunos dirigidos al área médica, siendo los de cirugía y cuidado del paciente.

Ilustración 45 Simulador de Vuelo. Tomada de Tus videojuegos, 2020, https://tus-videojuegos.com

Estos dan la oportunidad de poder experimentar al usuario, alguna actividad de la vida diaria, alguna profesión en la que tenga interés, o algo que solo quiere experimentar de momento, pero sin la necesidad de estar presente en dicha actividad.

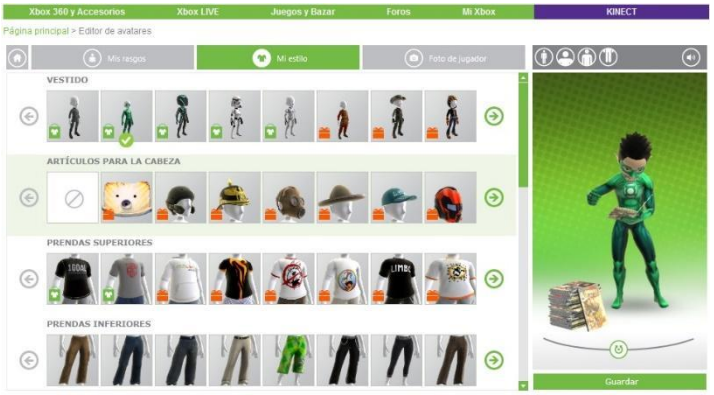

Ilustración 46 Avatares XBOX 360, Pantalla de personalización. Tomada de Sedano, 2011, https://www.lacasadeel.net

En segunda, tenemos los denominados “Avatares”, que son divididos en dos subramas, los prediseñados, los cuales el usuario puede adquirir en videojuegos, plataformas de interacción o tiendas dedicadas a ellos, estos permiten la personalización, pudiendo cambiar la apariencia a gusto, los aditamentos que use, gestos, etc. Los cuales son empleados en aplicaciones como *VR Chat*, *Oculus Room*, algunas consolas, etc. Y los otros son los que escanean al usuario, es decir, una virtualización del mismo, siendo más realistas. Siendo empleados en la actualidad por Facebook, usando las fotos del usuario, permitiéndole crear emoticones y stickers.

Ilustración 47 Video Mapping. Nota Técnica aplicada a un Edificio. Tomada de Serrano, 2019, https://www.informabtl.com

Seguido, tenemos la tecnología de proyección de imágenes o "*Video Mapping*". Consiste en usar entornos reales, ya sean construcciones, escenarios naturales o que se fabriquen, en el cual se proyecta un video o imágenes diseñadas en un equipo de cómputo. Para que esto funcione, es necesario que se tomen las medidas y dimensiones, así como la profundidad del escenario, para que la proyección coincida y el resultado sea el deseado.

Después, tenemos la RV por ordenador, empleando un visor conectado al equipo, pudiendo ser usado en diversas áreas, desde el entretenimiento y ocio, hasta el educativo, aprendizaje y conservatorio. Esta permite la experimentación de zonas arqueológicas, zonas geográficas, lugares famosos, demostración de inmuebles, salas de reunión para conferencias y juntas, y actualmente, eventos en vivo desde la comodidad de su casa.

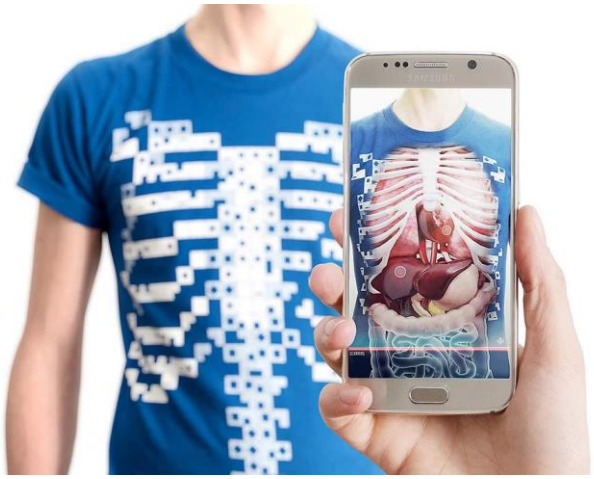

Ilustración 48 Ejemplo de Realidad Aumentada. Tomada de Enseñanza Virtual, Recursos y herramientas, 2017, http://elearningmasters.galileo.edu

Finalmente, se encuentra una que es joven en la actualidad, la realidad aumentada, la cual permite una inmersión en tiempo real de los entornos, empleando características gráficas y visuales. Sus usos se han ido extendiendo, desde uso para navegación con GPS, animaciones empleadas para museos o zonas arqueológicas, así como visualización de información en lugares establecidos de alguna ciudad, edificio o escuela.

Otros usos empleados para la RV y RA engloban desde la educación, puesto que algunas universidades están integrando esta tecnología en la enseñanza, usados para prácticas o experiencias al alumnado, como ejemplos están, usar en la disección de animales para aprendizaje, arquitectura para diseño y muestra de futuras construcciones, medicina, para el aprendizaje del cuerpo en detalle, etc.

Otro ejemplo del área médica, mencionado con anterioridad, es la psicoterapia, con la implementación de estos sistemas en el tratamiento de fobias, esto permite que el paciente pueda afrontar la fobia en un ambiente controlado, haciendo el acercamiento de manera progresiva y generando estímulos paulatinos, como ejemplo, un paciente con aerofobia, se le introduce al paciente en un ambiente similar al avión, y se le permitiría experimentar un vuelo, y con el progreso, ya podría experimentar un vuelo real.

En medicina puede emplearse para el entendimiento de anatomía humana, enfocado en el área clínica, en entrenamiento quirúrgico de los residentes en entrenamiento, también para el análisis en detalle de partes afectadas, pudiendo ver en diferentes ángulos la afección, y en pacientes para el manejo del dolor, así como para rehabilitación física.

Otro campo, que ha permitido el desarrollo de muchas tecnologías es el militar. En esta área se han creado simuladores de vuelo para el entrenamiento de los pilotos, para el uso de aeronaves no tripuladas, drones, hasta el entrenamiento de los sistemas complejos de las nuevas aeronaves supersónicas, estos avances permiten que el piloto no ponga en peligro su vida y el daño en la aeronave, dando resultados que exceden de lo esperado.

Ilustración 49 Concierto de Idol Holográfico, Vocaloid. Tomada de Staff Video-Juegos.com, 2017, http://video-juegos.com

En el área del entretenimiento la realidad virtual y aumentada son utilizadas para el cine virtual, sean contenidos audiovisuales cortos hasta obras narrativas, pueden ser obras de teatro, novelas visuales adaptadas, corto y largo metrajes de cine o cine experimental. También tienen gran utilidad en el desarrollo de videojuegos que es el principal motor para la innovación de las tecnologías existentes.

Como ejemplos se encuentran juegos de exploración, que permiten una interacción progresiva y paulatina de la experiencia de RV para usuarios nuevos, también están los juegos del tipo FPS (first person shooter) en los cuales se encuentran en desarrollo, siendo estos, los que ofrecen una experiencia más rápida y extrema, diseñada para usuarios experimentados. Y simuladores realistas, que permiten experimentar, desde la conducción de super autos, aviones de combate o aviones de pasajeros.

Como punto final, se encuentran las innovaciones en el software, el cual puede ser tanto para los plugins, como los dedicados para el desarrollo de RV o creación de contenido, tales como, Autodesk Maya, Cinema 4D, Adobe Premiere, After Efects y Motores de juego como Unreal Engine, CryEngine y Unity 3D.

Como se puede ver, en la actualidad la tecnología de RV y RA cuenta con muchas aplicaciones, y campos de uso; en un futuro se podrá llegar a usar estas tecnologías en más áreas del conocimiento para poder ser usadas en la vida diaria y no solo para la educación, entrenamiento o entretenimiento.

Ilustración 50 Diferentes Softwares para VR. Tomada de Avangarde Software Solutions, 2020, https://avangarde-software.com

Hay que mencionar que hay claras diferencias entre RV y RA. La realidad virtual se genera por medio de ordenador y requiere del mismo para funcionar, usando un visor, controles y sensores para que el usuario pueda usarlo, así como de otros complementos. Y en el caso de la realidad aumentada se basa en el uso de dispositivos independientes, que agregan elementos gráficos en un determinado objeto o entorno existente; para usar esta, se emplean dispositivos dedicados o móviles, que utilizan algún sistema y en el caso de los móviles alguna de las cámaras con las que cuente este.

A continuación, se enlistarán las principales diferencias, necesidades y contras de los sistemas RV y RA:

Realidad Virtual – VR

- Uso de un ordenador para su funcionamiento que tenga las características establecidas por el fabricante (Exceptuando los independientes)
- Un sistema de RV
- Al requerir un ordenador, no permite la portabilidad para el usuario
- En el caso de los sistemas independientes, permiten la portabilidad, pero sacrifican un poco de rendimiento y se limita al tiempo de uso de la batería

- Es necesario un espacio de juego, donde no se encuentren obstáculos, debido a que el visor no permita el usuario ver su entorno, en el Rift S, como los sensores son tipo cámara, cuenta con una función para ver el entorno

Realidad Aumentada – RA

- Requiere de un dispositivo dedicado o un móvil. El cual deberá tener un sensor Giroscopio (Necesario para aplicaciones que requieran reconocer el movimiento del dispositivo)
- Añade información gráfica a lo que el usuario ve
- Con el uso de las cámaras del móvil, le da un grado de seguridad al usuario, aun así, es necesario que el usuario este consiente de su entorno
- Cuenta con una portabilidad total para el usuario
- Dependiendo de los requisitos de la aplicación, será necesario un dispositivo que cumpla con las características

3.2.6) Hardware para RV y dispositivos existentes

Como se conoce el hardware y software son muy diferentes, y son cosas esenciales para que la realidad virtual y aumentada puedan funcionar. Como lo menciona Vélez en la gaceta del Instituto de Ingeniería de la UNAM:

> El hardware es la parte física de una computadora, es decir, todo aquello que pueda ser tocado y el software es lo opuesto al hardware, es decir, la parte intangible o lógica de la computadora. A pesar de ser términos diametralmente opuestos, para trabajar son mutuamente dependientes. (Vélez, 2017, p.21)

En el documento Evaluación de herramientas de hardware y software para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual afirma que el hardware básico para VR son los cascos, ya que estos proporcionan los estimulan la vista, oído y tacto (Islas, Zabre & Pérez, 2004, p. 61).

En el estudio: Sistema de Rehabilitación del Síndrome del Miembro fantasma, utilizando interfaz Cerebro, Computador y Realidad aumentada, realizado por estudiantes de la escuela de Ingeniería de Antioquia en Colombia, usaron un dispositivo "BCI" (Brain Computer Interfaces) llamado "Emotiv EPOC", el cual detecta las señales neuronales y muestra las intenciones de abrir o cerrar un modelo de mano virtual, mientras el usuario lleva una prótesis con sensores en el muñón, esto para que se pueda comprender y entender la motricidad del usuario. (Arango, Cárdenas, Peña, 2013 p. 103)

El estudio demostró que con el uso del hardware de RV, puede ser una excelente herramienta para ayudar al humano a resolver distintas problemáticas. Los autores de El desarrollo del Hardware para Realidad Virtual destacan "*La disposición de hardware brinda la rapidez y el rendimiento necesario para poder obtener la mejor experiencia de RV*" (Lara, Santana, Lira, Peña 2019, p. 107)

Hay que mencionar que el hardware para la realidad virtual dependerá de la capacidad de los ordenadores y sus elementos que la integran, estos componentes como el procesador, los núcleos, memoria RAM, unidades de almacenamiento, software y tarjeta gráfica, harán que el desempeño de la RV sea provechoso y eficiente.

Los periféricos para RV se dividen en dos: Input (entrada) y Output (salida). Los primeros se encargan de indicarle al equipo que es lo que hace el usuario, tales como, el mouse, teclado, sensores tipo Tracking, micrófono, sensores del casco de RV, etc. Los segundos son los que usa el ordenador para comunicarse con el usuario, en este caso serían los monitores, altavoces, sistemas CAVE, pantalla del casco, etc.

De acuerdo con la Evaluación de Herramientas de Hardware y Software para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual (Islas, Zabre, Pérez, op.cit. p. 62) estos dispositivos de pueden clasificar de acuerdo con la manera en que interactúan con el usuario

- **Visual:** los que permiten ver el entorno virtual a través de los visores
- **Audio:** estos se encargan de transmitir las señales auditivas, sonidos del entorno y diferentes sonidos, por medio de audífonos en los cascos
- **Táctil y sensaciones:** como se sabe, varios dispositivos usan controles con tecnologías hápticas, pero también hay guantes equipados de sensores que

reconozcan el movimiento de las manos y los objetos del entorno virtual puedan ser manipulados

- **Trackers:** estos son sensores que se emplean para el seguimiento del movimiento del usuario, algunos dan apoyo para recrear el caminar o posiciones del usuario, así como la orientación de la vista, por la posición del casco

- **Navegación:** para la "navegación" en el ambiente virtual, se puede hacer uso de controles, mandos o algún dispositivo de entrada

- **Retroalimentación:** estos podrán trasmitir al usuario algunas sensaciones del entorno virtual, haciendo uso de vibraciones o dispositivos de movimiento

El mouse y teclado son de los principales y básicos dispositivos para lograr una comunicación humano-maquina. El autor De las Fuentes afirma que "*El ratón surgió dentro de un proyecto muy importante. Era el primer eslabón, y durante mucho tiempo, el único medio que permitiera la comunicación entre el humano y el computador*" (De las Fuentes, 1998, párr. 2.).

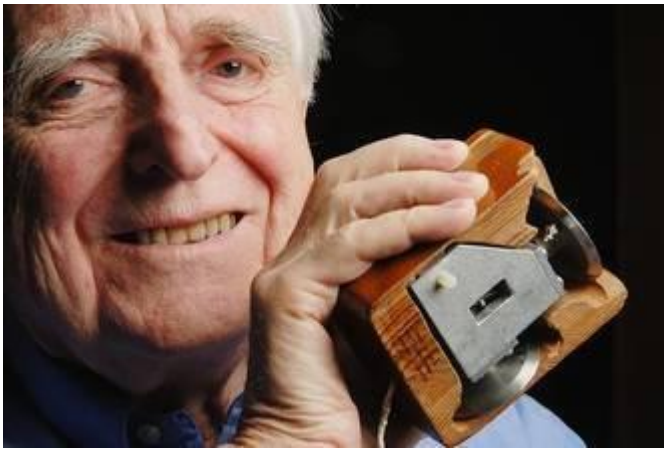

Ilustración 51 Diferentes Softwares para VR. Tomada de Avangarde Software Solutions, 2020, https://avangarde-software.com

Para el caso de la RV fueron necesarios crear otro tipo de dispositivos, para lograr la comunicación entre el usuario y el computador, los cuales han tenido modificaciones y una evolución para adaptarse a las nuevas necesidades de estos. Ante esto, han surgido muchas

empresas dedicadas a la investigación, desarrollo y manufactura de nuevos sistemas y dispositivos.

Muchos usuarios buscan maneras de cómo experimentar la RV creando sus propios sistemas, usando sus smartphones o algún otro dispositivo, aunque estos por tales características, no cuentan con la suficiente potencia para dar una experiencia adecuada, así como de no contar con controles.

En la actualidad para poder experimentar de la mejor manera la RV, es recomendable el uso de ordenadores que sean capases de emplear los equipos y software dedicados a la realidad virtual.

A continuación, se mencionarán los principales equipos existentes y alguna de las características de esta.

En los HMD, se cuenta con los que usan algún dispositivo móvil para el funcionamiento, los que usan pantallas para ver el contenido y algunos que son independientes.

Dispositivos con pantalla incorporada

Este tipo de dispositivos, cuentan con una pantalla incorporada, la cual, dependiendo del fabricante, tendrá diferentes características. Los modelos más usados son:

Oculus - desarrollado por META. **PlayStation VR** – por Sony, exclusivo para consola. **Hololens** – por Microsoft, este es del tipo mixto, puesto que los lentes son del tipo holográfico, **HTC VIVE** – por HTC. **StarVR** – por Starbreeze Studios, estas cuentan con compatibilidad el sistema abierto de SteamVR, estando destinadas para empresas, hacen uso de un display de tipo AMOLED, que da la mejor calidad de colores, este está solo disponible para Asia. **FOVE VR** - desarrollados por una starup en Tokio, teniendo una tecnología incorporada de "*Eye Tracking*", la cual permite el seguimiento de los ojos. **Pimax** - por ingenieros entusiastas de la RV, actualmente son los HMD (Head Mounted Display) con la resolución de pantalla más grande del mercado, puesto que sus resoluciones vas desde 5K hasta el 8K, también el diseño de sus visores elimina el marco de "binoculares" dejando la pantalla directa, permitiendo una vista periférica.

Dispositivos que usan de base un dispositivo móvil.

Los siguientes son sistemas que usan los sensores de los dispositivos móviles, haciéndolos más accesibles, pero a costa de las limitaciones con las que cuente el equipo móvil, de los más destacados son:

Gear VR – desarrollados por Samsung en colaboración con Oculus, se trata de una carcasa, donde se coloca el teléfono, este se encarga de usar su pantalla para ver el contenido. **Daydream View** – similar al modelo anterior, este fue desarrollado por Google, esta tenia de limitante que solo ciertos modelos podrían ser usados en la carcasa, a su vez, el catálogo disponible estaba limitado a solo poder usar Street View y algunas experiencias de cine, resultando en una baja popularidad y fracasando. **Google Cardboard** – a diferencia de los anteriores, su manifactura era en base de cartón y siendo presentado en un formato "DIY", la mejor ventaja de este era el precio más reducido del mercado y permitiendo usar cualquier dispositivo móvil y cualquier tipo de aplicación disponible en las plataformas. VRidge - una aplicación para Windows que simula un visor con el uso de un smartphone, la cual le permite usar el catálogo de juegos disponibles en RV, el inconveniente de este es que requiere que el móvil cuente con giroscopio, un sensor que detecta la orientación del dispositivo, en caso de que no lo tenga, limitara el funcionamiento de la emulación

A su vez, el poder hacer uso de los dispositivos móviles, salieron al mercado diversos modelos de diferentes fabricantes. Existen otros dispositivos que complementan el funcionamiento de los visores. En seguida se mencionarán los que existen en el mercado.

Sensores de Posicionamiento.

Estos se encargan de detectar la posición del visor, así de cómo los controles y aditamentos que sirvan para esta función, esto para permitir que el usuario se pueda mover de mejor manera en el área de juego. Se tratan de sensores infrarrojos, que detectan las señales que emitan los controles y visores.

Existen diferentes dispositivos en el mercado, los cuales son los siguientes:

STEM SystemN: diseñado por la empresa Sixense, el cual incorpora sensores corporales y dos controles para manos, que permite una mejor interacción en ambientes virtuales, este es

una ampliación del sistema Razer Hydra, que fue desarrollado por la misma empresa. **Leap Motion:** es un sistema que fue diseñado para remplazar algunos mandos, pues rastrean las manos, pudiendo utilizar de manera precisa los movimientos de estas, tratándose de un sistema gestual. **Gloveone:** un guante que permite tener las sensaciones del tacto en la mano, esto a través de 10 sensores, ubicados en las yemas y palma de las manos, estos fueron lanzados a través de una campaña de Kickstarter, y se pensaron con compatibilidad para los visores de Oculus, Gear VR, Leap Motion y RealSense, y en software se pensó su uso en Unity, y posterior soporte por Unreal. **Powerclaw:** un sistema de guantes hápticos, que logran recrear las sensaciones del tacto, temperaturas, vibraciones y texturas, este sistema fue desarrollado por estudiantes mexicanos, de la universidad Autónoma de Querétaro, siendo usados con el visor de Oculus y el Leap Motion y funcionando a través del motor Unity, con soporte en Windows, Linux y OSx.

Haptic Gloves: son guantes que se encuentran en desarrollo por parte de Meta, los cuales permitirán tener las sensaciones al tacto, texturas dentro de su proyecto "Metaverse". **HTC Vive Virtual Reality System Tracker:** sensores que complementan el visor de la marca, los cuales pueden ser adaptados a cualquier elemento de la realidad y poder ser usado en el mundo virtual, a su vez, poder ser empleados para complementar el movimiento corporal. **VR Gun:** en este caso se trata de un control en forma de rifle, para uso exclusivo con el sistema de HTC, apoyándose del uso de un tracker, aunque *Vive* tiene este aditamento, existen versiones para los demás sistemas, solo que estos son meramente "estéticos", pues simulan la forma del arma, mas no agregan funcionalidades o tecnologías hápticas, así mismo, hay varias empresas que están desarrollando sistemas hápticos con forma de armas, para su uso en sistemas de RV.

Otros periféricos y sistemas que se emplean en la realidad virtual

Aparte de los HMD, sensores y guantes hápticos, se han desarrollado sistemas para poder implementar el caminar, correr, sentarse o saltar, dando una inmersión más fiel a la realidad. Estos se han desarrollado por diversas empresas, siendo los siguientes:

Virtuix Omni: una plataforma de movimiento omnidireccional, la cual permite al usuario caminar y correr, manteniéndose en un solo lugar. **Cyberith Virtualizer:** similar al anterior, solo que esta cuenta con un modelo más avanzado, pues permite recrear la inclinación del terreno. Fabricado por una empresa austriaca. **Kat VR:** empresa que ha fabricado varias plataformas de movimiento, las cuales integran capacidades para caminar, correr, sentarse y

agacharse, así mismo, ha desarrollado sistemas para caminar sin plataforma denominado *Kat Loco*.

3.2.7) Software y plataformas para uso de RV

También existen plataformas y software dedicados al uso y desarrollo de aplicaciones de RV, los cuales se mencionan a continuación.

Sites in VR: plataforma de tours culturales, los cuales pueden ser usados con cualquier visor para RV, desde los Cardboard hasta sistemas como Oculus y *Vive*, esta plataforma promete imágenes en 360° de alta calidad para visualizar monumentos y joyas arquitectónicas de todo el mundo. **Google Spotlight Stories:** plataforma que cuenta con historias audiovisuales en 360° con calidad cinematográfica, disponen de un excelente catálogo de videos desarrollados por el grupo ATAP (Advanced Technology and Projects group), quienes fueron los primeros en ganar un Oscar por un corto en 360° llamado "Pearl". **Within:** aplicación que contiene documentales y conciertos con sonido espacial (se trata de elementos 3d, que recrean el origen del sonido en el ambiente virtual), los cuales combinan el conocimiento con el entretenimiento, reuniendo el trabajo de creadores profesionales internacionales de Apple, Vice y NBC. **NYT VR:** aplicación desarrollada por la editorial New York Times, son pioneros en emplear el mundo de la realidad virtual en el periodismo, los videos son complementados con técnicas de sonido espacial. Lamentablemente en la actualidad se encuentra descontinuada la aplicación. **Fulldive VR:** se trata de una red social similar a Facebook/Meta, contando con las mismas funciones que la misma, pero con la particularidad que la interacción es completamente en RV, la reproducción de videos, interacción de las publicaciones y la relación entre los usuarios. **YouTube VR:** es una aplicación que permite adaptar los videos de YouTube a RV, permite que casi todos los videos de la plataforma sean capases de verse en este formato

Software que hacen uso de VR y sus características

SketchUp: se trata de un software de diseño 3D para arquitectura, el cual permite la implementación de visualizaciones en RV. **Blender:** software popular de diseño, animación, modelado y renderizado 3D, actualmente, el programa cuenta con soporte nativo para poder visualizar los modelos en RV, anteriormente algunas de sus versiones contaban con este soporte, la diferencia con las nuevas es que solo es necesario activar el plugin y no depender de programas

de terceros. **3DS Max:** software de modelado, animación, texturizado y renderizado 3D, similar a otros, solo que, en este, los modelos se basan en el uso de NURBS, que son representaciones matemáticas de geometría en 3D capaces de describir cualquier forma con precisión. En este se puede emplear una visualización en RV, permitiendo modelar y crear escenas para su visualización en RV. **Cinema 4D:** se trata de un software de fácil uso, desarrollado por OpenGL, dedicado principalmente para animadores, caracterizado por su alta visualización de render, pues permite establecer el LOD (Level of Detail) permitiendo la gestión del detalle en función de la cámara, también cuenta con un sistema de simulación, el cual permite el diseño de escenas sencillas, así de como un sistema de "reconstrucción de escena", siendo capaz de recrear escenarios a partir de un video. **Zbrush:** software de excelencia usado en la industria, pues su enfoque principal es el modelado de personajes y detalle en geometría, una de las funcionalidades más importantes es la de su "detalle progresivo", el cual permite elevar el poligonaje de la malle, con forme se va aumentando el detalle, también cuenta con un sistema llamado "re-mesh" el cual permite reducir o reiniciar el poligonaje, sin perder el nivel de detalle realizado en el modelo

Autodesk Maya: software empleado para el modelado, texturizado, creación de UV´s, simulación y renderizado, en el cual se destaca por el alto grado de rendimiento, posibilidades de expansión y personalización de interfaz debido a su código MEL (Maya Embedded Language), pues este permite la creación de scripts em este código y a su vez en Pyton. Actualmente Autodesk sacó una herramienta llamada "Create VR for Autodesk Maya" la cual permite el modelado en base a curvas y superficies directamente en RV, permitiendo un pipeline más inmersivo para el usuario. **Oculus Start:** un programa para desarrolladores principiantes para la creación de aplicaciones RV, usando kits SDK (software development kit), así de como de herramientas en Beta para el testeo de las aplicaciones antes de su lanzamiento, contiene documentación sobre el uso de la tecnología Oculus, etc. **Unreal Engine 4:** un motor de juegos, el cual tiene herramientas para la edición, programación en leguaje C++, a través de líneas de código o por el editor de blueprints y diseño de juegos, cinemáticas, aplicaciones para ordenador y móviles, permite la creación de entornos para arquitectura, diseño de entornos de RV, creación y edición de animaciones para juegos, además también cuenta con un estudio de sonido, el cual permite crear sonido espacial y binaural. Siendo un motor que permite crear entornos realistas, debido a la potencia del motor. Actualmente fue lanzado el UE5, que permite la utilización de Ray Tracing, y nuevas funciones. **Unity 3D:** también se trata de un motor de juegos, que usa scripts en base código C#, este permite la creación de aplicaciones y juegos, en 2D y 3D para dispositivos Android y IOS, este también cuenta con un apartado para la creación de aplicaciones en VR

3.2.8) Técnicas usadas en Realidad Virtual para mejorar la experiencia

Como la RV transporta al usuario en un entorno virtual, es necesario recrear los elementos que generen sensaciones al usuario, la cuales se encuentran presentes en la realidad, y para lograr esto se hace uso de técnicas para recrearlas.

Sonido espacial o 3D: consiste en la implementación de un elemento de sonido virtual, el cual se puede colocar en la escena, y cuando el usuario se encuentre en el rango de este, comenzará a escuchar el sonido de manera progresiva y en caso de estar orientado del lado derecho o izquierdo, solo se escuchara de ese lado, una desventaja de este es que el sonido es estéreo, lo que hace que si no se coloca de manera correcta, puede ser escuchado en ambos lados, sin importar de qué lado este el origen. **Sonido Binaural:** un sistema que maneja ambos canales de sonido como el estéreo, solo que, a diferencia del anterior, este si es capaz de aislar el sonido, es decir, si se escucha del lado izquierdo, este solo se escuchara de ese lado, dando una sensación más realista al sonido. Este requiere que las pistas de audio usadas cuenten con los canales separados. **Sensaciones al tacto**: como se menciona, existen dispositivos que permiten recrear la sensación al tacto, usando actuadores, estos deberán ser programados en el motor de juegos o software de RV, para que funcionen de manera correcta y la sensación sea la adecuada. **Dispositivos Hápticos:** permiten recrear impactos o toques al cuerpo del usuario, los cuales dependerán del escenario y tipo de aplicación o juego en donde se empleen estos.

3.2.9) Recorridos Virtuales y Realidad Virtual

En la actualidad se ha hecho uso de la RV para acercar al usuario a lugares, zonas arqueológicas, museos o demos de arquitectura, estos permiten que se conozcan desde la comodidad del hogar.

A continuación, se mencionarán los más relevantes.

- **Bellas Artes:** Hecho por la secretaría De Cultura e INBA de México, este recinto cuenta con varios recorridos virtuales con fotografías en 360° donde se puede apreciar su arquitectura, sus murales, terrazas, cúpula, vista aérea de sus áreas mecánicas del Teatro Nacional, las salas del museo donde se encuentran las obras de la exposición permanente. Es visible para iPhone, iPad, Chrome, Safari, Firefox y Opera. (Rangel, 2019)

Ilustración 52 Captura de pantalla del recorrido virtual por la arquitectura de Bellas artes. Tomada de Instituto Nacional de Bellas Artes, 2016, https://inba.gob.mx

- **Teotihuacán:** Esta importante zona arqueológica cuenta con 3 recorridos, el primero muestra la zona de Teotihuacán, el segundo se aprecia el Museo de la cultura teotihuacana y el tercero el museo de los murales teotihuacanos "Beatriz de la Fuente", estos recorridos fueron hechos por el Instituto Nacional de Antropología e Historia de México. Es visible para iPhone, iPad, Chrome, Safari, Firefox y Opera (Rangel, 2019)

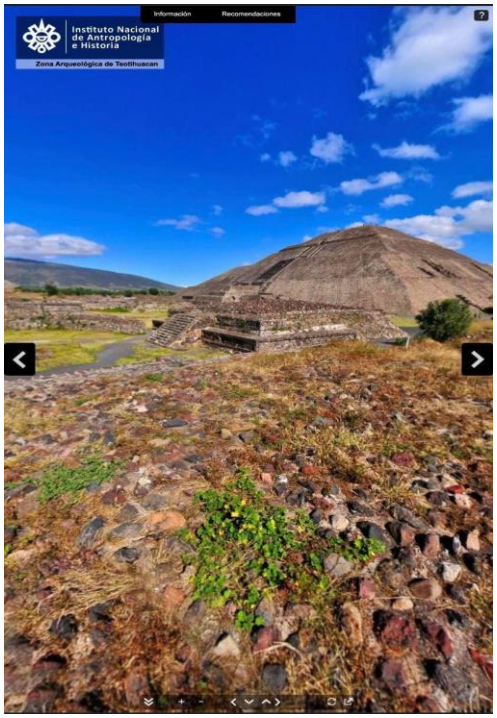

Ilustración 53 Captura de pantalla del recorrido virtual por la zona de Teotihuacan. Tomada de Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2012, www.inah.gob.mx

- **Google Arts & Culture:** Este sitio alberga diferentes tipos de recorridos virtuales, utilizando la misma tecnología de "Google Street View" lo que quiere decir que implementa formato de visualización inmersiva 360º.Se pueden observar fotografías de alta resolución de galerías de arte y museos, etc. Cuenta con aplicaciones para iOS y Android. (Rangel, 2019)

Ilustración 54 Captura de pantalla del recorrido virtual de la Cueva Chauvet. Tomada de Google Arts & Culture, 2014, ttps://artsandculture.google.com

- **A VR tour of 6 REAL exoplanets:** Creado por el equipo “We The Curious”, es un recorrido virtual donde se podrá visitar 6 exoplanetas, asociados con un grupo de astro científicos muestran de manera precisa en resolución 4k cómo sería estar en Kepler-62e ó el planeta 55 Cancri e, disponible en YouTube videos en 360°. (We the curious, 2021)

Ilustración 55 Captura de pantalla del recorrido virtual de los exoplanetas. Tomada de We The Curious, 2017, https://www.youtube.com/watch?v=qhLExhpXXoE

- **Disney Castle Roller Coaster:** Desarrollado por Wulfi, hace que el usuario tenga una experiencia inmersiva en la montaña rusa del parque de atracciones de Disney, tiene una duración de 5 minutos en resolución 4k, se encuentra en YouTube donde el canal de los desarrolladores se puede encontrar más contenido de video de RV en 360° (WULFI, 2021)

Ilustración 56 Captura de pantalla del recorrido virtual de la montaña rusa de Disney. Tomada de Wulfi, 2020, https://www.youtube.com/watch?v=f9ZHi5A5Jgk

- **Titanic VR:** Es un juego educativo de realidad virtual donde el usuario puede ser un explorador o un tripulante del navío. El proyecto original fue completado para sistemas de PC VR por un equipo mixto de desarrolladores independientes internos y externos como resultado de una exitosa campaña de KickStarter. La primera tarea de compilación de Make Real fue eliminar y optimizar la base del código y los activos para los objetivos de rendimiento mínimos requeridos de los requisitos de presentación de Sony PlayStation VR. Al ofrecer menos botones y un área de seguimiento más pequeña que los controladores de entrada Oculus Touch o HTC Vive, el sistema de control tuvo que ser rediseñado para que el soporte PS Move conservara la libertad de movimiento y la facilidad de interacciones. Debido a la naturaleza de Unity y VR SDK, todo el proyecto tuvo que actualizarse a la versión relevante admitida / requerida en ese momento, lo que resultó en una nueva iluminación de escenas y solucionó una serie de problemas introducidos como resultado. (Fernández, 2018)

Ilustración 57 Captura de pantalla del videojuego Titanic VR. Tomada de Immersive VR Education Ltd, 2018, https://store.steampowered.com/app/741430/Titanic_VR/

- **David Attenborough's great barrier reef:** El naturalista británico y periodista de la BBC David Attenborough ha producido una experiencia de realidad virtual en relación con los arrecifes de coral. Este proyecto es un recorrido de realidad virtual donde el periodista de la BBC David Attenborough junto al profesor Justin Marshall, experto en arrecifes, exploran la Gran Barrera de Coral a bordo de un sumergible. (Real o virtual, 2017)

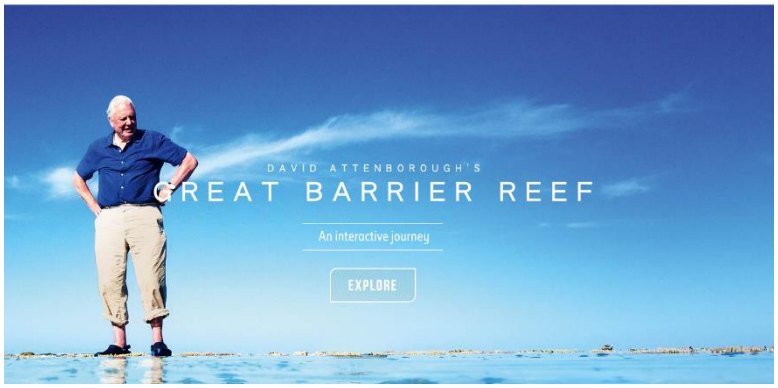

Ilustración 58 Captura de pantalla de David Attenborough's great barrier reef. Tomada de attenboroughsreef, 2015, https://attenboroughsreef.com/

- **México VR-Arrecife:** La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) de México quiere poner en marcha una aplicación de realidad virtual que simula los ecosistemas marinos del país, en los que el usuario puede bucear libremente para aprender sobre las especies y la importancia de los océanos. Para esto han recreado de forma virtual el Parque Nacional de Puerto Morelos, desarrollaron modelos en 3D de la flora y la fauna y simularon el comportamiento de especies marina de la zona con ayuda de inteligencia artificial.

  El Dr. Florian Hruby, quien forma parte del equipo de la Dirección de Geomática, señala: "La experimentación de los ambientes de realidad virtual no sólo permite explorar y visualizar de manera concreta e interactiva temas geoespaciales, también incitan al involucramiento y compromiso con los posibles problemas ambientales visualizados por el espectador". "Lo anterior, debido a que adicionalmente se aprovecha la capacidad simuladora de la realidad virtual, que

permite visualizar un ecosistema en diferentes grados de deterioro, además de situaciones pasadas y futuras" (Radio Fórmula QR, 2018).

Para modelar la topografía del arrecife utilizaron un mapa detallado del relieve y de los hábitats del fondo submarino derivado de un proyecto dirigido por la Subordinación de Monitoreo Marino de la CONABIO.

Para mostrar la flora y la fauna se generaron modelos 3D que mantienen las características esenciales de las especies, como su comportamiento, textura y movimiento. Utilizaron el motor de videojuegos Unreal Engine para crear el entorno submarino en 3D, este software sirve para realizar una simulación que contenga todos los parámetros ambientales de la vida real, tales como la refacción de la luz, el color y turbiedad del agua, el oleaje, etc. además de integrar los modelos ya creados de los animales y la vegetación.

Para la aplicación del proyecto utilizaron el casco de realidad virtual de Oculus Rift, ya que les permite una mayor inmersión a los usuarios en un ambiente virtual, al pasar por ciertas zonas aparecen fichas técnicas que incluyen información de las especies del arrecife mexicano. (Radio Fórmula QR, 2018).

Ilustración 59 Proyecto Biodiversidad Mexicana VR. Tomada de González, 2018, https://interactivo.eluniversal.com.mx/

- **Laboratorio de Interacción Virtual y Humana (VHIL):** Jaremi Bailenson es el encargado de este laboratorio que es dedicado a desarrollar herramientas, aplicaciones y entornos basados en la realidad virtual, aumentada y mixta, en los que destaca su juego de realidad virtual donde su principal objetivo es explicar la acidificación del océano y cómo podemos contribuir a frenar esta contaminación.

  Esta aplicación fue hecha para ser usada en cascos de realidad virtual, basada en la barrera de la isla italiana de Ischia, el usuario puede observar el entorno al convertirse parte del ecosistema submarino, como ser un coral, un arrecife, un caracol u otras criaturas, ahí se observa un ambiente colorido cambiar aceleradamente para convertirse en la simulación del entorno a finales de este siglo, donde lo colorido pasa a ser a un entorno oscuro con poca vida en él, eventualmente el cuerpo virtual del usuario se desvanece y aparece la siguiente leyenda "Si la acidificación del océano continúa, los ecosistemas como su arrecife rocoso, un mundo que alguna vez estuvo lleno de diversidad biológica, se convertirán en un mundo de malezas" (Jordan, 2018).

  A través de cuatro estudios, dos experimentos de laboratorio controlados y dos estudios de campo, se comprobó la eficacia de la realidad virtual inmersiva como medio educativo para enseñar las consecuencias del cambio climático utilizando esta experiencia inmersiva (Markowitz, et. al, 2018).

Ilustración 60 Proyecto VHIL La acidificación del océano. Tomada de Virtual Human Interaccion Lab, 2016, https://www.stanfordvr.com/oceanexperience/

3.3) Nuestro Aporte

Como equipo, se eligió hacer uso de los conocimientos adquiridos en la carrera de Arte Digital, para crear un proyecto audiovisual, teniendo como apoyo la tecnología de realidad virtual, para crear una simulación, que le permita al usuario reconocer la contaminación que se lleva a cabo en los alrededores del río Atoyac y ver los resultados que se pueden generar entorno a su salud, si no se cambian las practicas contaminantes que se han hecho durante varios años.

Se decidió hacer uso de la realidad virtual debido a que esta permite poner en primera persona a los usuarios y le da una inmersión más de cerca al escenario. Para poder entender cómo se llevará a cabo este proyecto, se hablará acerca de la historia de la "*RV*", los tipos de visores que se han desarrollado, así como las diferencias entre dos tecnologías que dan uso a estos: la realidad virtual y la realidad aumentada.

3.3.1) Descripción del Proyecto

En el presente proyecto, se mostrará la planeación de un recorrido virtual, en uno de los tramos del río Atoyac, donde se verá el impacto de la contaminación, y como puede llegar a afectar la zona.

Este recorrido este compuesto de dos etapas, en la primera se mostrará el río saludable, contará con tramos donde se verán diferentes actividades humanas, las cuales serán:

- Asentamiento de la población, donde se muestra la primera interacción del ser humano con el río
- Zona recreativa, en la cual se muestran palapas para picnic, un área para fogata y un campo
- Interacción de niños, donde estos juegan aventando piedras al río
- Zona de puente peatonal, donde cruzan los peatones y se puede recorrer en bicicleta

Estas partes se ordenan de los primeros asentamientos cercanos al río hasta una época moderna con el uso de un puente peatonal.

El recorrido cuenta con un cronometro de duración, el cual se puede ajustar, para poder establecer la duración del mismo. El punto de vista del usuario será desde un bote, el cual recorre el río.

Este recorrido está en estado de prototipo, dando solamente la primera etapa concluida y la segunda solo teniendo el área y el bote.

3.3.2) Proceso de Desarrollo

Para poder desarrollar este recorrido, se realizó una investigación sobre el río Atoyac, del cual se determinaron las zonas a recrear en el recorrido, donde se estableció usar un tramo del río, en el cual se mostrarán diferentes actividades, donde se pondrá el río desde antes de la contaminación.

A continuación, se mostrará parte del proceso para realizar este recorrido.

3.3.3) Arte Conceptual

Ilustración 61 Captura del recorrido. Autoría propia

Toma general del recorrido, mostrando los puntos de interés que tiene el rio, siendo los primeros asentamientos cercanos al rio, una zona de picnic y un paso por debajo de un puente peatonal.

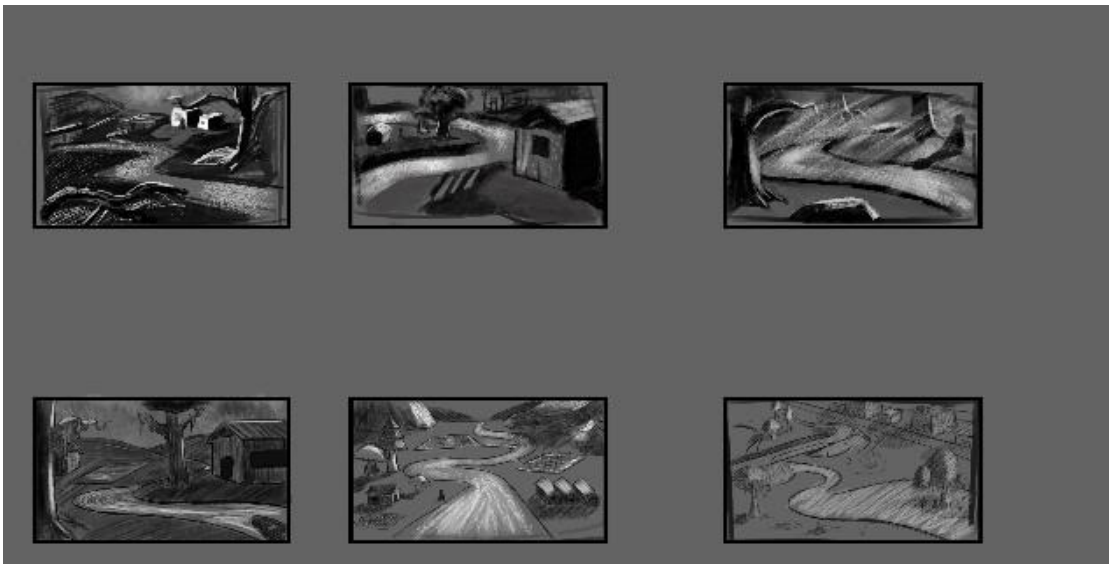

Ilustración 62 KeyConcept. Autoría propia

Keys de Concept, opciones para establecer el cómo será el escenario, como se establecerá la luz y los elementos que estén presentes en el recorrido.

Ilustración 63 Concept de Prop. Autoría Propia

Concept de prop, se establece el cómo es la apariencia del prop, así de cómo serian sus colores y diferentes estados.

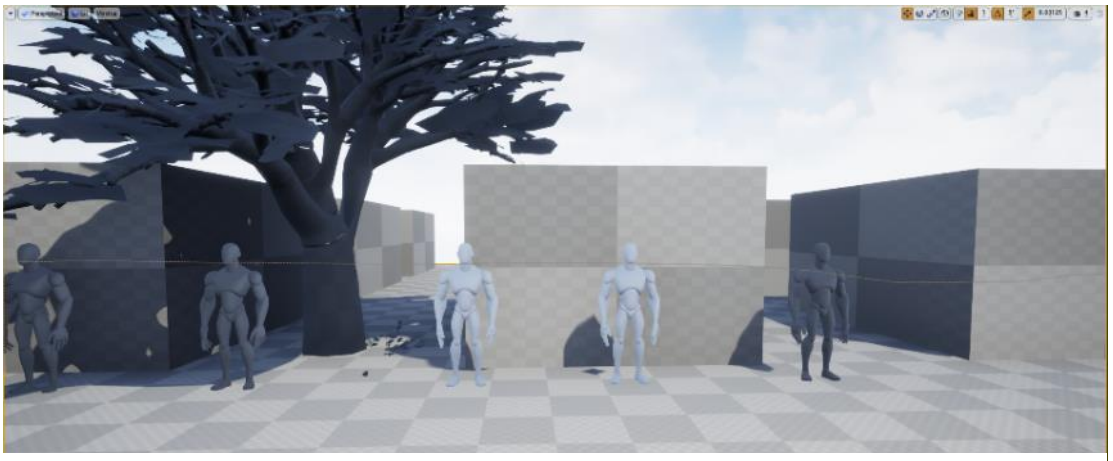

Ilustración 64 Captura del Blocking. Autoría propia

Captura de los base-mesh, se colocaron de esta manera para poder establecer las dimensiones de los elementos en el escenario, haciendo uso de BSP´s. Esto para poder ahorrar tiempo, pues se puede establecer un Blockout.

Ilustración 65 Captura del Primer Nivel. Autoría propia

Captura de los elementos del escenario, en este se muestran los elementos ya con materiales y texturas, así de cómo los base-mesh de personas, permitiendo ver si las dimensiones son correctas y como se ajustan las texturas y materiales a los BSP.

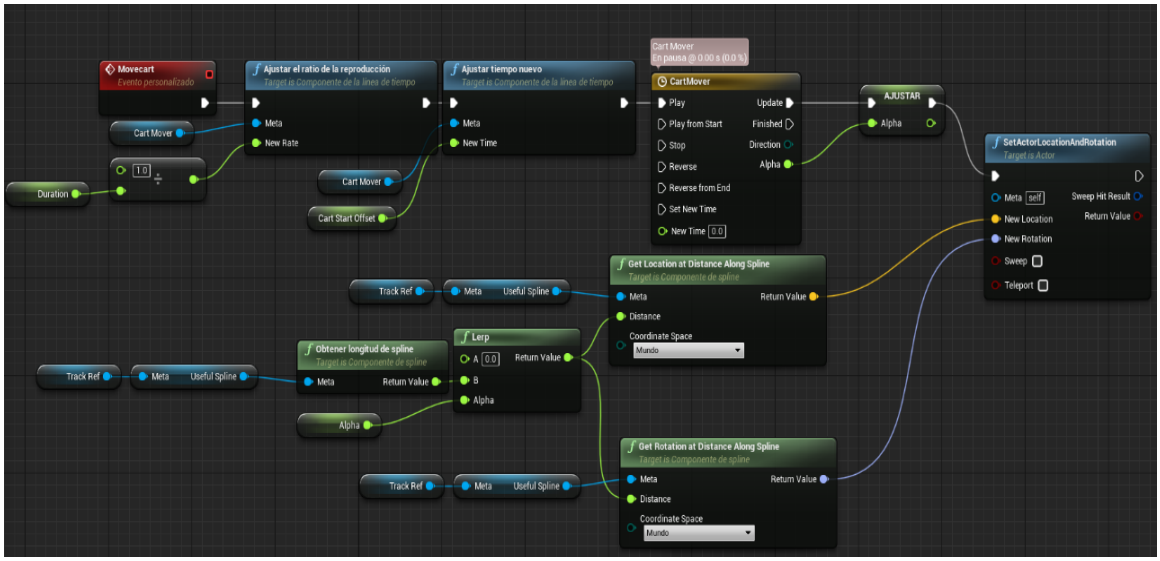

Ilustración 66 Captura de Código. Autoría propia

Captura del código del movimiento del bote, donde mostramos como es el Blueprint, donde establecemos los parámetros del movimiento, tomando la distancia del primer punto al último del spline, en donde se determina en cuantos segundos se deberá recorrer esta distancia, así de cómo leer la dirección y rotación de la misma. Este también establece que la variable de tiempo como visible, pudiendo cambiar la duración en el modo edición.

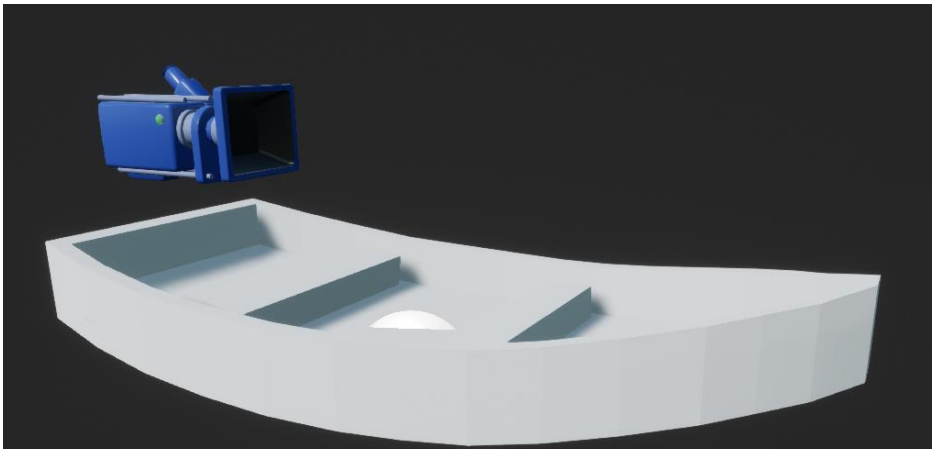

Ilustración 67 Captura del Bote con la posición de la cámara. Autoría propia

Captura de la posición de la cámara con respecto al mesh del bote, la jerarquía de este es de que la cámara esta emparentada al bote.

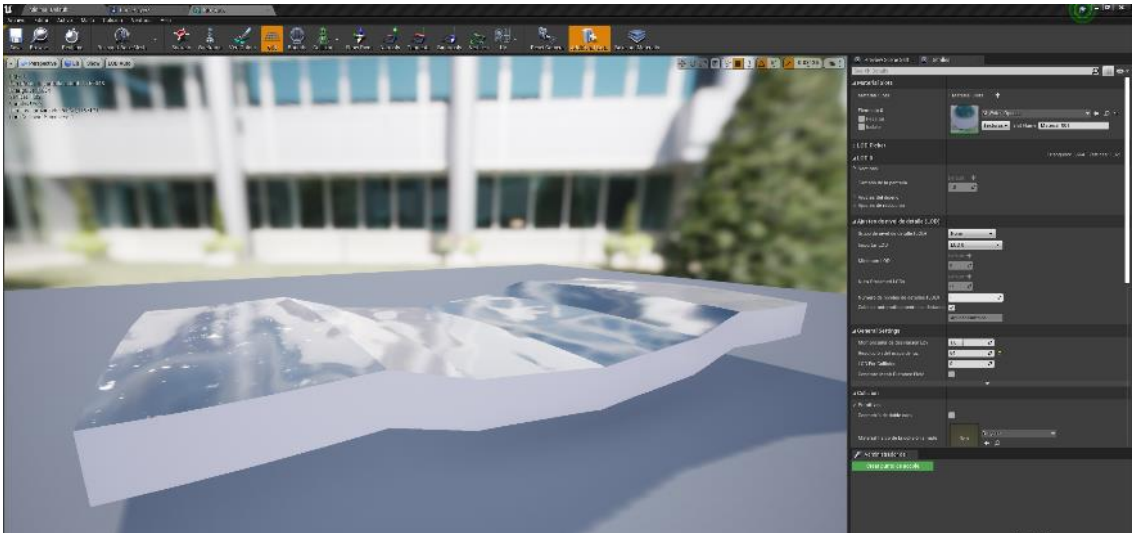

Ilustración 68 Captura del Base Mesh del río. Autoría propia

Captura de la base mesh del rio, la cual se emplea solo un modelo reducido, en donde al generar un blueprint de spline, permite generar los siguientes modelos, permitiendo ahorrar tiempo de modelado y de diseño de nivel, también permite darle forma al rio de manera as rápida, pues solo se coloca el spline.

3.3.4) Prototipo

A continuación, se mostrarán capturas del primer nivel de la propuesta de recorrido, así como de sus descripciones.

Ilustración 69 Vista aérea del recorrido. Autoría propia

Captura de vista superior del primer nivel, donde se muestran las zonas que tiene, el cómo está el rio y como se ve el terreno.

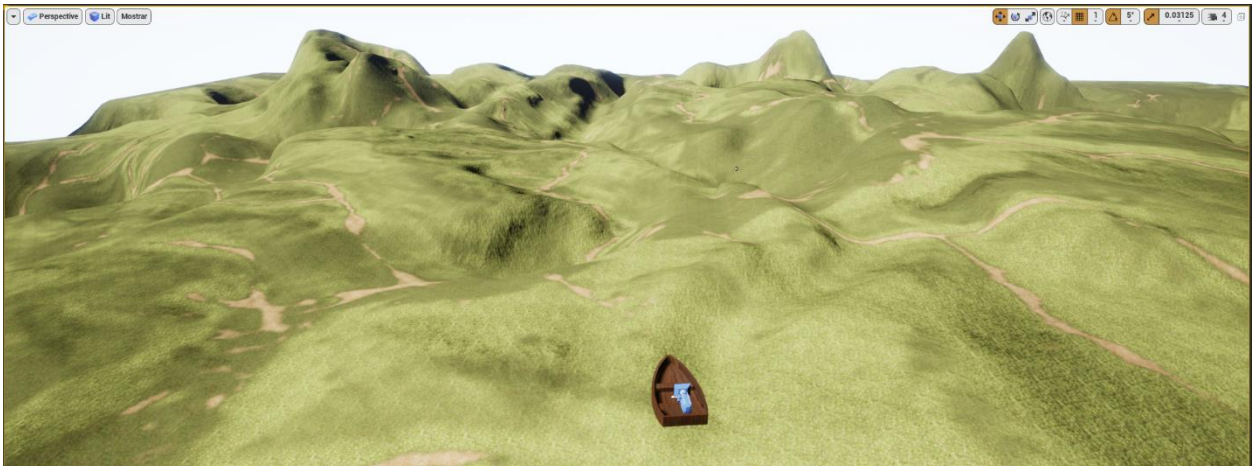

Ilustración 70 Captura del Segundo nivel. Autoría propia

Captura del siguiente nivel, donde solo se tiene el terreno, este se dejó así, para posterior poder hacer el blocking, para establecer como se verá el nivel.

Ilustración 71 Vista desde el Bote. Autoría propia

Captura de la vista de cámara en el bote, donde se ajustó el FOV para que sea cómoda para el usuario.

Ilustración 72 Vista del usuario – Primera Zona de Interés. Autoría propia

Captura desde la vista de cámara de la primera zona de interés en el recorrido, donde se establece al primer asentamiento cercano al Río Atoyac.

Ilustración 73 Vista del Usuario – Segunda Zona de Interés. Autoría propia

Captura de la segunda zona de interés, donde se estableció un área de Picnic.

Ilustración 74 Vista del Usuario – Tercera Zona de Interés. Autoría propia

Captura de la tercera zona de interés, en esta se estableció una zona donde juegan jóvenes.

Ilustración 75 Vista del Usuario – Última Zona de Interés. Autoría propia

Captura de la última zona de interés, donde se estableció un puente peatonal y de bicicletas, esta se trata de una interacción moderna en el rio.

EN EL SIGUIENTE CÓDIGO QR, PODRÁS OBSERVAR…

SCAN ME

IV) Conclusiones

El objetivo principal de esta tesina era crear una investigación que ayudara a sustentar la elaboración de un instrumento audiovisual para exponer los problemas de contaminación que se originaron a principios de la industrialización y que se ven hoy en día en el río Atoyac.

A lo largo de esta investigación se obtuvo un amplio conocimiento acerca de lo importante que han sido los ríos para el planeta, ya que, gracias a ellos, se pudieron dar las actividades esenciales para la subsistencia de la humanidad.

Debido al constante crecimiento y desarrollo de las poblaciones, se implementaron nuevas técnicas para acelerar la obtención de comida, ropa y distintos tipos de productos, que terminaron explotando los recursos naturales, dando como consecuencia la contaminación de los ríos.

Gracias a los avances de la tecnología y las investigaciones que se han hecho para conocer los beneficios de la realidad virtual es que se puede tener certeza que ésta no solo ha sido un medio de entretenimiento, también ha ayudado a enseñar a los usuarios la importancia del cuidado del medio ambiente ya que se aprende de manera didáctica y precisa.

Como resultado de esta investigación se logró hacer un recorrido que muestra puntos específicos del río Atoyac donde el usuario puede ver cómo era el río sin contaminar y como se fue contaminando gracias a la industria y la población de sus alrededores.

En la elaboración del proyecto se aplicaron las técnicas de programación aprendidas a lo largo de la carrera de Arte Digital, inclusive con la práctica se fueron mejorando, ya que no se tenía tanto conocimiento del software Unreal Engine 4, motor que se utilizó para la implementación final del recorrido. En la parte de modelado 3D fue necesario aprender a optimizar los modelos que se usaron para el recorrido, ya que si eran muy pesados el recorrido se alentaba y no era fácil su ejecución. Por otro lado, fue requerido perfeccionar los métodos de dibujo que ayudaron a lograr el concept art y el texturizado, lo que permite ver la movilización de los conocimientos tanto teóricos como prácticos en la Licenciatura de Arte Digital, en un proyecto teórico-práctico.

Se tuvieron distintas dificultades para crear el proyecto como falta de personal y equipo, que se vio reflejado en la limitación y el alcance del mismo. Sin embargo, el prototipo incluye

diferentes etapas derivadas de una investigación profunda elaborada con compromiso y con una intencionalidad de impacto en el ambiente.

Uno de los principales retos que se dieron en el desarrollo del recorrido fue la programación de éste, debido a la poca experiencia que se tenía para desarrollar proyectos de realidad virtual. Para resolver este problema se tuvieron que leer los manuales del software de Unreal y buscar tutoriales de creación de códigos de una montaña rusa, que era lo que más se asemejaba al objetivo buscado. Otro reto, fue encontrar la jerarquía correcta para que el bote apareciera en la trayectoria establecida y cómo hacer que funcionara; esto se solucionó cuando se unió el código del bote con el personaje y se entendieron los parámetros que requería el camino para ser programado. Cabe mencionar, que, a lo largo de la formación en la licenciatura, se desarrolla a través de las asignaturas un perfil complementario en el licenciado o licenciada en Arte Digital, pensado a través del desarrollo de competencias que integran el saber, saber hacer y saber ser, un perfil integral que busca que el egresado tenga los conocimientos, las habilidades y el sentido humanista para impactar en el entorno; este proyecto reúne esas características.

Por último, se recomienda que el proyecto sea llevado a distintas campañas que se dedican al cuidado del medio ambiente, a escuelas y oficinas de gobierno para ayudar a fomentar el conocimiento e identificación de la contaminación del río Atoyac. La población es parte fundamental para hacer un verdadero cambio para evitar que se siga ensuciando este cuerpo de agua. También se hace un llamado a las autoridades para que pongan especial atención en los permisos que dan a ciertas empresas que utilizan el río como medio de desechos y terminan enfermando a la población que consume de forma directa e indirecta las aguas del río.

V) Referencias de Consulta

Arango, Juan & Cárdenas, Julián & Peña, Alejandro. (2013). Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando Interfaz Cerebro-Computador y Realidad Aumentada. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação, (11),* 93-106. https://doi.org/10.4304/risti.11.93-106.

Argudo, Juan. (2019). *Acueductos. El orgullo de Roma*. https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-argudo-garcia/gestion-agua-distintas-civilizaciones-grecia-actualidad-iii

Asociación Geoinnova. (16 de mayo de 2016). Minería a cielo abierto y sus impactos en el medio ambiente. *Geoinnova*. https://geoinnova.org/blog-territorio/mineria-cielo-abierto-impactos/

Azqueta, Diego & Alviar, Mauricio & Domínguez, Lilia & O´Ryan, Raúl. (2007). *Introducción a la economía ambiental*. McGraw-Hill. https://www.academia.edu/38621803/Introducci%C3%B3n_a_la_econom%C3%ADa_ambiental

Barrios, Nayor. (18 de julio del 2019). *Nuevas tecnologías y medio ambiente*. El Heraldo. https://www.elheraldo.co/barranquilla/nuevas-tecnologias-y-medio-ambiente-650684

Bayer. (12 de abril de 2022). *Ciencia e innovación en el campo, clave para evitar escasez de alimentos en 2050: Bayer*. https://www.bayer.com/es/mx/fruturistas

Berruecos, Pablo. (23 de marzo de 2022). *Visita la "Experiencia Fruturista" en el Parque México*. Vida Saludable. https://vidasaludable.tips/2022/03/23/visita-la-experiencia-fruturistas-en-el-parque-mexico/

Bozada, Lorenzo & Bejarano, Fernando. (marzo de 2006). *Los contaminantes orgánicos persistentes en el Istmo Mexicano*. [Archivo PDF]. https://www.rapam.org/wp-content/uploads/2015/12/Los-Contaminantes-Istmo-Opti.pdf

Bravo-Inclán, Luis & Sánchez-Chávez, J & Izurieta, Jorge & Tomasini, Ana. (2015). ***Evaluación toxicológica del río Atoyac, Pue., y su relación con los parámetros fisicoquímicos*****. [Archivo PDF]**

Bye, Kent. (17 de noviembre de 2015). ***50 Years in VR: Tom Furness' Journey from Making More Lethal Pilots to Non-profit Learning*****.** ***https://www.roadtovr.com/50-years-vr-tom-furness-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/***

Cabrera-Marutz, C.D. & Velásquez-Alcalá, S. & Vrhovac-Biljesko, J.. (2014). Occupational diseases in copper industry: extraction, manufacturing and recycling. Medicina y Seguridad del Trabajo, 60(237), 756-778. https://dx.doi.org/10.4321/S0465-546X2014000400010

Candil, Dani. (22 de mayo de 2014). ***Zenimax denuncia a Oculus VR y a su fundador, Palmer Luckey*****. https://www.vidaextra.com/industria/zenimax-denuncia-a-oculus-vr-y-a-su-fundador-palmer-luckey**

Cariño, Micheline & Monteforte, Mario. (marzo de 2018). Las minas marinas del Golfo de California: del extractivismo a la sustentabilidad. Relaciones. ***Estudios de historia y sociedad*****, 39(153). https://doi.org/10.24901/rehs.v39i153.389**

Chantal Cramaussel. (1999*) Sociedad colonial y depredación ecológica: Parral en el siglo XVII***.**

Colaboradores de Wikipedia. ***Palmer Luckey*****. (2021). Wikipedia, La enciclopedia libre, 2022 https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Palmer_Luckey&oldid=141508538**

Cuaya, Martha. (28 de marzo de 2022). ***Proyectos para sanear el río Atoyac han sido infructuosos*****. El Sol de Puebla. https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/proyectos-para-sanear-el-rio-atoyac-han-sido-infructuosos-8052034.html**

De las Fuentes, Alberto. (20 de diciembre de 1998). El Ratón Cumple 30 Años. *El Mundo*. ***https://www.elmundo.es/su-ordenador/SORnumeros/98/SOR151/SOR151raton.html***

DeuSens. (28 de diciembre de 2018). *REALIDAD VIRTUAL | 10 hitos en la historia de la VR*. *https://deusens.com/es/blog/hitos-historia-realidad-virtual*

El Bicentenario en Puebla. (18 de septiembre de 2010). *Ex fábrica la Constancia Mexicana*. https://web.archive.org/web/20100918062510/http://www.poblanerias.com/proyectobicentenario/?p=586

Eres Medio Ambiente. (2019). *10 Proyectos ecológicos innovadores*. https://eresmedioambiente.com/10-proyectos-ecologicos-innovadores/

Fernández, Faustino. (2018). *Análisis de Titanic VR*. https://www.desconsolados.com/analisis/titanic-vr/

Fernández, Yúbal.(21 de abril de 2018). El primer simulador VR de la historia tenía forma de recreativa, y se inventó a finales de los 50. *Xataka*. https://www.xataka.com/historia-tecnologica/el-primer-simulador-vr-de-la-historia-tenia-forma-de-recreativa-y-se-invento-a-finales-de-los-50

Fundación AQUAE. (2015). *El agua en la historia de la humanidad*. https://www.fundacionaquae.org/wiki/historia-del-agua/

Fundación AQUAE. (17 de junio de 2021). *La importancia del agua y sus funciones en los seres vivos*. https://www.fundacionaquae.org/importancia-del-agua/

Historia Universal. (2018). *La civilización del Indo*. https://mihistoriauniversal.com/edad-antigua/civilizacion-del-indo#:~:text=Hace%20miles%20de%20a%C3%B1os%2C%20en,una%20de%20sus%20mayores%20ciudades.

Historia Universal. (2020). *La Revolución Industrial*. https://mihistoriauniversal.com/edad-contemporanea/revolucion-industrial

Hosler, Dorothy. (1997). Los orígenes andinos de la metalurgia del occidente de México. *Boletín del Museo del Oro,* (42), [Archivo PDF].

Ibáñez, Luis. (2012). La evolución de las fábricas textiles de Puebla en el corredor Atoyac. *Boletín de monumentos históricos*, (25), 37-56. [Archivo PDF].

Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2012). *Paseos/Teotihuacan/tour* [Captura de pantalla]. https://www.inah.gob.mx/paseos/Teotihuacan/tour.html

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. (2010). *Las primeras civilizaciones históricas*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. http://recursostic.educacion.es/kairos/web/ensenanzas/eso/antigua/egipto_00.html

Islas, Eduardo & Zabre, Eric & Pérez Miguel. (2004). Evaluación de herramientas de hardware y software para el desarrollo de aplicaciones de realidad virtual. *Boletín IIE,* 61-67. [Archivo PDF]. https://www.ineel.mx/boletin022004/tenden2.pdf

Jordan, Rob. (30 de noviembre de 2018). *Virtual reality could serve as powerful environmental education tool, according to Stanford researchers.* https://news.stanford.edu/press/view/24842

Karen. (9 de junio de 2020). "View Master: The Biography of William B Gruber" Immigrant Success Story. *German girl in America*. https://germangirlinamerica.com/view-master-the-biography-of-william-b-gruber-immigrant-success-story/

Lara, Graciela & Santana, Alexis & Lira, Andrés & Peña, Adriana. (2019). El Desarrollo del Hardware para la Realidad Virtual. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (31),* 106 – 117. https://doi.org/10.17013/risti.31.106-117

M.B., Frankie. (28 de diciembre de 2015*). Portátil, sobremesa, en nube y con VR. El proyecto NX de Nintendo ya tiene nombre: nace Virtual Boy (actualizado).*

https://www.vidaextra.com/hardware/portatil-sobremesa-en-nube-y-con-vr-el-proyecto-nx-de-nintendo-ya-tiene-nombre-nace-virtual-boy

Markowitz DM, Laha R, Perone BP, Pea RD and Bailenson JN (2018) Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change. *Front. Psychol.* 9:2364. doi: 10.3389/fpsyg.2018.02364.

Miller, Brandon & Croft, Jay. (8 de octubre de 2018). *El planeta solo tiene hasta 2030 para detener un cambio climático catastrófico, advierten los expertos.* Cable News Network. https://cnnespanol.cnn.com/2018/10/08/el-planeta-solo-tiene-hasta-2030-para-detener-un-cambio-climatico-catastrofico-advierten-los-expertos/

NGO, Jannie. (30 de octubre de 2019). Exposure Therapy for Anxiety using Virtual Reality. *Parallel Wellness.* https://www.parallelwellness.ca/virtual-reality-exposure-therapy/

Panico, Francesco & Garibay, Claudio. (2010). Mazapil, Zacatecas, México: un ejemplo de estructura agroganadera colonial (1568-1810). *Fronteras de la Historia*, 15(1),61-84. https://www.redalyc.org/pdf/833/83316875003.pdf

Peñaloza, Mónica & Arévalo, Freddy & Daza, Roberto. (2009). Impacto de la gestión tecnológica en el medio ambiente. *Revista de Ciencias Sociales,* 15(2), 306-316. [Archivo PDF]. https://www.redalyc.org/pdf/280/28011675010.pdf

Pérez Castresana, G. (2019). *Calidad del agua del río Atoyac en el valle de Puebla y el riesgo en la salud de la población Emilio Portes Gil, municipio de Ocoyucan, Puebla*. [Tesis doctoral, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio institucional de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. https://hdl.handle.net/20.500.12371/4624

Pérez, Federico. (2017). *Río Amarillo: historia viva de China.* https://perezvitola.com/rio-amarillo-historia-china/

Pérez, Pedro. (2020). *El agua en tiempos de los romanos.* https://www.fundacionaquae.org/agua-romanos/

Poblanerías. (2018). ***Sanear al Atoyac: ¿la promesa de siempre?*** **https://www.poblanerias.com/2018/05/sanear-al-atoyac-la-promesa-de-siempre/?fbclid=IwAR0J5ky27BgCkf7iLJC2mNErLeNmJ-jpE-5tE-GxDlFKez7s3H5SpIzq6ws**

Radio Fórmula QR. (7 de noviembre de 2018). Premio a arrecife virtual que se basó en el de Puerto Morelos. https://radioformulaqr.com/noticias/premio-aarrecife-virtual-que-se-baso-en-el-de-puerto-morelos/

Rangel, Miguel. (22 de octubre de 2019). ***36 recorridos virtuales por museos y lugares increíbles alrededor del mundo.*** **Canva. https://www.canva.com/es_mx/aprende/conoce-virtualmente-36-museos-y-lugares-increibles/**

Real o Virtual. (25 de abril de 2017). ***La realidad virtual recibe su primer BAFTA con David Attenborough's Great Barrier Reef Dive.*** **https://www.realovirtual.com/noticias/3525/realidad-virtual-recibe-su-primer-bafta-david-attenboroughes-great-barrier-reef-dive**

Roca, Antonio. (2019). ***Origen de las civilizaciones.*** **Orígenes 2.0. http://roble.pntic.mec.es/arot0012/origenes_antonio_roca/origen_de_las_civilizaciones.html**

Rodà, Isabel. (2021). ***La tecnología de los romanos para dominar el agua.*** **https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-antigua/20210614/7517462/tecnologia-romanos-dominar-agua.html**

Salamanca, L. (2013). ***Minería en Colombia: fundamentos para superar el modelo extractivista.*** **[Archivo PDF] http://lasillavacia.com/sites/default/files/mineropedia/mineria_en_colombia.pdf**

Sánchez, J. M. (13 de diciembre de 2019). Qué puede hacer la tecnología para salvar el planeta. ABC Soluciones. https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-puede-hacer-tecnologia-para-salvar-planeta-

201912120133_noticia.html?fbclid=IwAR3PrDj2XUykezRsJ3-bzr8uxuq9UA1Aab2vqQKVyN9FJPgdF3B3NoGfFow

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). ***Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2002.*** **http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/informe_2000/05_Aire/5.1_Inventario/index.htm**

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2008). ***Informe de la Situación del Medio Ambiente en México*** **Edición 2008. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_2008/05_atmosfera/cap5_1.html**

Servin, Claudio. (2020). ***Espada de Damocles*****. https://proyectoidis.org/espada-de-damocles/**

Sustainability degrees. (1 de julio de 2020). ***Top Five Most Innovative High-Tech Sustainability Projects For 2020.*** ***https://www.sustainabilitydegrees.com/blog/top-five-most-innovative-high-tech-sustainability-projects-for-2020/***

Two Reality. (9 de marzo de 2020). ***Cómo la realidad virtual puede ayudar a proteger el medioambiente.*** **https://www.tworeality.com/realidad-virtual-medio-ambiente/**

Vélez, Cuauhtémoc. (2017). Hardware y software. ***Gaceta Instituto de Ingeniería, UNAM, 1(95).*** **http://gacetaii.iingen.unam.mx/GacetaII/index.php/gii/article/view/1687/1640**

We the curious. (1 de abril de 2021). ***Virtual Reality Exploration of Exoplanets (4K, 360° VR experience)*** **[Video]. https://www.youtube.com/watch?v=Vnke9dWofR8**

WULFI. (11 de octubre de 2021). ***Disney Castle Roller Coaster 360 VR POV immersive virtual Reality 4K 3D ride.*** **[Video]. https://www.youtube.com/watch?v=f9ZHi5A5Jgk**

Zambrano, Jaime. (4 de marzo de 2015). ***Río Atoyac contaminado desde hace 180 años*****. Milenio.** **https://www.milenio.com/estados/rio-atoyac-contaminado-desde-hace-180-anos**