



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Arquitectura y Diseño

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías

Modelo sistémico para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida

Tesis para Doctorado

Para obtener el título de: Doctor en Diseño

Presenta: Mtro. Miguel Cervantes García

Director de tesis: Dr. David Joaquín Delgado Hernández

Codirector de tesis: Dr. Enrique Aguirre-Hall

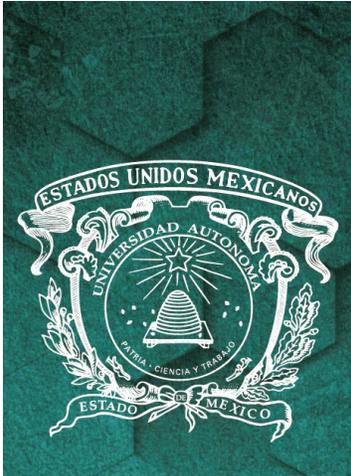
Tutor de tesis: Dr. Ignacio Mendiola Germán

Tutoría individualizada: Dr. Marco Antonio Ramos Corchado

Dr. René Lauro Sánchez Vértiz Ruiz

Cuerpo Académico: Patrimonio, Ambiente y Tecnología

Toluca, Estado de México, diciembre 2023



Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Arquitectura y Diseño

Centro de Investigación en Arquitectura y Diseño

Doctorado en Diseño

Modelo sistémico para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida

Director de tesis: Dr. David Joaquín Delgado Hernández

Codirector de tesis: Dr. Enrique Aguirre-Hall

Tutor de tesis: Dr. Ignacio Mendiola Germán

Tutoría individualizada: Dr. Marco Antonio Ramos Corchado
Dr. René Lauro Sánchez Vértiz Ruiz

Alumno: Mtro. Miguel Cervantes García

Cuerpo Académico: Patrimonio, Ambiente y Tecnología



La publicación de este material se financió con recursos de las becas para estudios de doctorado CONACYT 2020-2023, y el apoyo de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) y dentro del programa de estudios de Doctorado en Diseño de la Facultad de Arquitectura y Diseño.

El contenido del presente texto, así como las imágenes referenciadas tienen únicamente fines académicos y de investigación y su uso es meramente ilustrativo. Las perspectivas presentadas en el documento son responsabilidad del autor, no reflejando necesariamente las opiniones del CONACYT, y el Doctorado en Diseño.

Los contenidos presentados como imágenes o citas y referencias son propiedad de sus respectivos autores referenciados y utilizados como fuente de consulta, en cuyo caso han sido debidamente referenciados y/o citados, brindando el respectivo derecho de autor. Cualquier omisión de autores, fuentes de consulta o materiales en la presente o futuras ediciones no fue realizada con dolo y se dará el crédito y mención correspondiente de haber ocurrido tal omisión.

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Modelo sistémico para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida

ÍNDICE

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN	1
ÍNDICE	1
1. PROTOCOLO	4
1.1 Introducción	4
1.2 Problema y pregunta de Investigación	4
1.3 Estrategia de investigación	5
1.4 Objetivos	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos particulares/específicos.....	6
1.5 Alcances	7
1.6 Metodología	8
2. TIPOS DE REALIDAD Y SUS CATEGORÍAS	8
2.1 Introducción a la realidad virtual.....	9
2.1.1 Definición de realidad virtual.....	10
2.1.2 Características de la realidad virtual.....	12
2.1.3 Categorización de los sistemas de realidad virtual	13
2.2 Introducción a la realidad aumentada.....	17
2.2.1 Definición de realidad aumentada	17
2.2.2 Características de la realidad aumentada.....	19
2.2.3 Categorización de la realidad aumentada	20
2.3 Introducción a la virtualidad aumentada.....	22
2.3.1 Definición de virtualidad aumentada	23
2.3.2 Características de la virtualidad aumentada.....	23
2.4 Introducción a la categoría de realidad mixta	24
2.4.1 Características de la realidad mixta	27

2.5	Introducción a la realidad extendida	28
2.5.1	Definición de realidad extendida	29
2.5.2	Características de la realidad extendida	34
2.6	Características comunes y particulares entre los diferentes tipos de realidad y sus categorías.....	35
2.7	Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de realidad (realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual)	38
2.8	Aplicaciones de los tipos de virtualidad.....	40
2.9	Tecnología de acceso a los tipos de virtualidad.....	52
3.	ENTORNOS Y OBJETOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE	62
3.1	Objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje	62
3.2	Fundamento teórico para la construcción de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje.....	67
3.3	Objetos virtuales tridimensionales en el modelo pedagógico de aprendizaje basado en competencias.....	80
3.3.1	Aprendizaje basado en competencias	81
3.3.2	Aprendizaje significativo y aprendizaje basado en la solución de problemas (ABSP) 89	
3.3.3	Método de proyectos y el aprendizaje basado en proyectos (ABP)	91
3.4	Entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje (3D VLE)	94
3.5	Criterios de diseño y evaluación de los entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje.....	100
3.6	Áreas involucradas en la creación de entornos y objetos virtuales tridimensionales.....	110
3.7	Software utilizado en la creación de gráficos tridimensionales por computadora.....	124
4.	MODELOS Y MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE VIRTUALIDAD	127
4.1	Modelo sistémico para el desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje.....	127
4.1.1	Modelos.....	128
4.1.2	Sistemas y enfoque sistémico.....	129
4.1.3	Nociones de un modelo sistémico para el desarrollo de entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida.....	133
4.2	Metodologías para el desarrollo de sistemas de virtualidad en tres dimensiones	133
4.3	Análisis de las metodologías para el desarrollo de sistemas tridimensionales.....	145
5.	PLANTEAMIENTO DE UN MODELO SISTÉMICO PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN REALIDAD EXTENDIDA.....	151

5.1 Modelo sistémico para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida	153
CONCLUSIONES.....	181
ANEXOS.....	186
REFERENCIAS	242
TABLAS Y FIGURAS.....	254

1. PROTOCOLO

1.1 Introducción

En la actualidad, es muy común que los diseñadores y los comunicadores visuales se involucren en la resolución de problemas relacionados con las nuevas tecnologías, por lo que es necesario que tengan un conocimiento teórico-práctico al respecto. La realidad extendida es la forma en que se han categorizado las tecnologías que presentan recursos virtuales en tres dimensiones, como es el caso de la realidad virtual que combinan la realidad física con el entorno digital, o como la realidad mixta, que a su vez integra a la realidad aumentada, y virtualidad aumentada.

La realidad extendida se presenta como un recurso que puede transformar la manera en que se conciben y desarrollan los objetos de diseño, lo que permite generar soluciones que con otras herramientas sería imposible. Si un diseñador pretende utilizar las tecnologías de virtualidad tridimensionales para realizar un proyecto cuyo objetivo está relacionado con la enseñanza y el aprendizaje, debe contar con un modelo organizado que facilite su comprensión y uso. Precisamente, el presente documento tiene como objetivo exponer dicha información y formalizarla en el desarrollo de un modelo organizado, útil y aplicable en la práctica.

La investigación está dirigida a los estudiantes y los profesionistas que quieren utilizar las tecnologías de virtualidad en campos de acción afines al área del diseño digital y la comunicación visual.

1.2 Problema y pregunta de Investigación

Para ejercer su labor, los diseñadores y los comunicadores visuales deben mantener actualizados sus conocimientos. En este sentido, la realidad extendida comprende una serie de tecnologías que permiten generar experiencias novedosas e inmersivas a través de una amplia gama de dispositivos y puntos de contacto sensoriales relacionados con la realidad virtual (VR), la virtualidad aumentada, (VA) y la realidad aumentada (AR). No obstante, los

proyectos relacionados con dichas tecnologías presentan una gran cantidad de variables a considerar en los procesos de diseño, lo que dificulta el conocimiento sobre su uso e implementación. Esto resulta aún más evidente en proyectos educativos en los que no solo se tienen que considerar los aspectos tecnológicos, sino también aquellos relacionados con la calidad de la educación.

Por dichas razones, se plantea la necesidad de hacer una investigación que permita comprender cómo implementar la realidad extendida en la educación y formalizarla en un modelo sistematizado, comprensible para los estudiantes y profesionales del diseño y la comunicación visual.

De acuerdo con la discusión anterior, la pregunta de investigación se formula de la siguiente manera. ¿Qué factores se deben considerar para realizar un modelo sistémico que permita comprender cómo implementar la realidad extendida en actividades educativas para la enseñanza-aprendizaje?

1.3 Estrategia de investigación

El problema de investigación, presentado anteriormente, se compone de dos, preguntas interrelacionadas:

¿Existe un modelo sistémico de realidad extendida fundamentado?, si no es así ¿Es posible formularlo?

A su vez, dichos planteamientos derivan en dos preguntas generales reflexivas; ¿Proponer un modelo sistémico ayuda a concretar la comprensión de la realidad extendida como recurso de diseño/comunicación visual?, y ¿La comprensión de la realidad extendida conduce a una mejora en la concepción y desarrollo de objetos educativos relacionados con la enseñanza-aprendizaje?

La primera pregunta general se centra en la posibilidad de que ya existan modelos, metodologías o *frameworks* de realidad extendida, lo cual implica considerar ¿Cuáles son

los conceptos que describen dichos modelos, metodologías o *frameworks*? y ¿Qué principios lo controlan?

En relación a los conceptos se pueden hacer preguntas de menor rango, por ejemplo; ¿Qué es un modelo?, ¿Qué es un sistema?, ¿Qué es realidad extendida?, etcétera. Mientras que, en relación a los principios, se puede investigar por ejemplo ¿Qué teorías y fundamentos se deben utilizar al desarrollar la propuesta?

La segunda pregunta general aborda los beneficios e implicaciones de aplicar un modelo sistémico de realidad extendida en actividades de enseñanza-aprendizaje a fin de comprobar si las prescripciones resultantes conducen a una mejora mayor. En ese sentido habría que preguntarse; ¿Un modelo sistémico puede ayudar a mejorar de algún modo la organización cognitiva de la información relacionada con la realidad extendida?, ¿Un modelo sistémico de realidad extendida que permita organizar cognitivamente la información relacionada con la realidad extendida permite que el diseñador/comunicador visual pueda mejorar su labor en el desarrollo de entornos u objetos (virtuales) para la enseñanza-aprendizaje?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Desarrollar y proponer un modelo sistémico que facilite a los diseñadores y comunicadores visuales la comprensión y aplicación de las tecnologías de realidad extendida en la creación de entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje.

1.4.2 Objetivos particulares/específicos

- Categorizar y delimitar el concepto y las características de un modelo sistémico.
- Categorizar y delimitar el concepto y las características de la realidad extendida.

- Investigar y analizar los posibles enfoques, teorías, criterios, *frameworks* y metodologías que están relacionados y pueden ayudar a realizar un modelo sistémico.
- Establecer conclusiones.

1.5 Alcances

La investigación está dirigida a estudiantes y profesionistas cuyos campos de trabajo son afines al área del diseño digital y la comunicación visual. También pretende servir como referente y ser motivo de debate y reflexión de temas relacionados con la comprensión y la implementación de los sistemas virtuales tridimensionales en el campo educativo.

El trabajo se lleva a cabo en un período de tres años (2020-2023) con el objetivo de recopilar y analizar los datos e información necesarios para desarrollar un modelo sistémico relacionado con la implementación de la realidad extendida en la creación de entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje.

El primer capítulo del estudio establece un marco de investigación basado en el protocolo. El segundo capítulo tiene como objetivo definir la realidad extendida y exponer sus diferentes categorías y características. El tercer capítulo presenta un análisis de los enfoques, las teorías, los criterios, los *frameworks* y las metodologías para el desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales para el aprendizaje. El cuarto capítulo se centra en definir un modelo sistémico. Finalmente, el último capítulo, expone un modelo que permita a los diseñadores y comunicadores visuales comprender cómo utilizar las tecnologías de realidad extendida en la creación de entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje.

Para realizar la investigación, se planea utilizar diversas fuentes de consulta como libros, revistas, archivos y proyectos similares o afines que sirvan como referencia. También se disponen de los recursos adecuados en cuanto a infraestructura, equipo y materiales básicos, tales como servicio de electricidad, conexión a internet, computadora de escritorio,

dispositivos portátiles (*laptops, tablets y smartphones*), entre otros. Además, para comprender el funcionamiento de la realidad extendida, se tienen a disposición herramientas especializadas como cascos HMD y mandos.

1.6 Metodología

- Etapa 1 Fundamentos de la realidad extendida.

En primer lugar, se hace una revisión de la literatura referente a la realidad extendida con el fin de comprender claramente los conceptos, las características y las tipologías relacionadas.

En segundo lugar, se establece una correlación de la información obtenida.

- Etapa 2. Enfoques y teorías para el desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales para el aprendizaje.

En esta etapa, se investigan y analizan los enfoques y las teorías para realizar el modelo sistémico de realidad extendida.

- Etapa 3. Revisión de criterios y metodologías.

En esta etapa, se investigan y analizan los criterios y las metodologías para realizar el modelo sistémico de realidad extendida.

- Etapa 4. Desarrollo y evaluación del modelo.

En esta etapa de la investigación, se define la estructura y se propone el modelo sistémico.

2. TIPOS DE REALIDAD Y SUS CATEGORÍAS

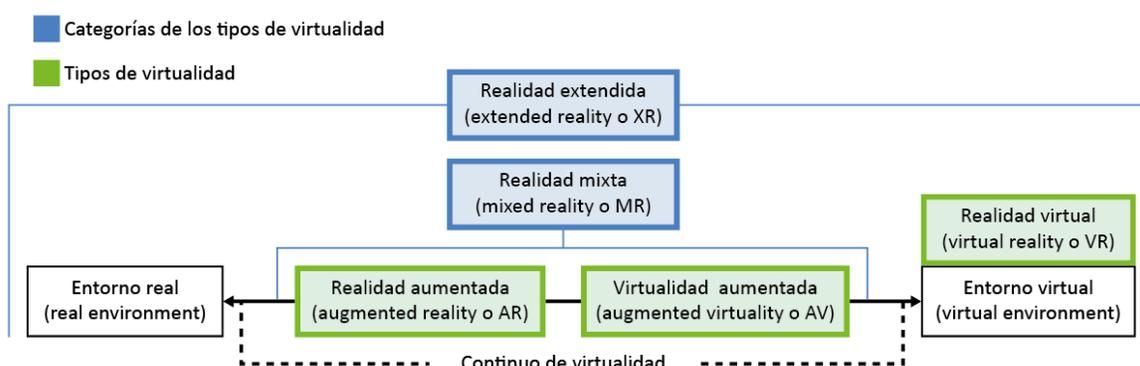
Kerckhove (2018) el término psicotecnología para definir cualquier tipo de tecnología que imita, extiende o amplía los poderes de la mente y los sentidos, por lo que plantea que un individuo compra un dispositivo tecnológico para extender su ser física o mentalmente. Los

diferentes tipos de virtualidad extienden las propiedades de emisión y recepción de la conciencia y modifican la conducta de los usuarios.

Los pronósticos más positivos de Kerckhove (2018) hacen referencia al uso de la tecnología como un recurso para el beneficio colectivo. Dentro de este panorama, las tecnologías aportan una forma enriquecida y particular de percibir la realidad, y más aún las tecnologías de virtualidad, ya que presentan un sinfín de aplicaciones en los distintos campos de acción y saber humano.

En relación a las tecnologías de virtualidad se muestra un esquema con los distintos tipos y categorías, que en los siguientes apartados se explican con más detalle.

Figura 2.1 Realidad extendida



Nota. Relación de los tipos de virtualidad que involucran la categoría de realidad extendida. Adaptado de “A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays” (p.3) [Diagrama], por Paul Milgram y Fumio Kishino, 1994, https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays

2.1 Introducción a la realidad virtual

La primera referencia del siglo XX sobre realidad virtual proviene de la ciencia ficción. En el año de 1935 Stanley G. Weinbaum escribió “Las gafas de Pigmalión”, un relato breve que describe un sistema de grabaciones holográficas y experiencias ficticias, para la revista Wonder Stories. A continuación, se presenta un extracto.

- ¿Qué nos proporciona ahora el cine? Visión plana y sonido, ¿no es así? Suponga que yo añado gusto, olor o incluso tacto. Ahora suponga que lo hago de forma que el espectador interviene en el relato, habla a las sombras y las sombras le responden, y que el relato, en lugar de desarrollarse en una pantalla, se refiere por completo a quien participa en él. ¿No sería eso hacer real un sueño?

- ¿Cómo diablos podría usted conseguirlo?

- Elaboro una solución compleja, ¿comprende usted? Añado el gusto químicamente y el sonido electrónicamente. Y cuando el relato está registrado vierto la solución en las gafas; mi proyector cinematográfico.

- ¿Y el tacto?

-Si es eso lo que le interesa, su propia mente se encargará de proporcionarlo (...) inteligentes dispositivos ópticos, no realidad (...), todo es cuestión de trucos fotográficos estereoscópicos, como le dije a usted, tridimensionales. (Weinbaum, 1935).

Quizá la razón por la que la realidad virtual estimuló la imaginación de Weinbaum, y la de muchos otros escritores a lo largo de la historia, es debido a que representa el anhelo del ser humano por trascender y superar las limitaciones impuestas y circunscritas por el espacio y el tiempo, es decir, por el entorno físico, además de aquellas que ponen un freno a nuestros sentidos. En palabras de Kerckhov (2018), la realidad virtual nos permite ver más, oír más y sentir más.

2.1.1 Definición de realidad virtual

En la década de los sesenta, gracias a los escritos ciberpunks de ciencia ficción, se popularizaron y utilizaron de forma cotidiana algunos conceptos relacionados con la virtualidad: *entornos virtuales*, *mundos virtuales*, *espacio virtual*, *realidad artificial*, por mencionar algunos. En 1985, Jaron Lanier acuña el término *virtual reality* (VR-realidad virtual) para referirse a los “trabajos informáticos” que en aquella época estaban realizando el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT-*Massachusetts Institute of Technology*) En la década de los sesenta, gracias a los escritos ciberpunks de ciencia ficción, se popularizaron y utilizaron de forma cotidiana algunos conceptos relacionados con la virtualidad: entornos virtuales, mundos virtuales, espacio virtual, realidad artificial, por

mencionar algunos), la Universidad de Carolina del Norte y los centros de investigación militares de Estados Unidos, pese a que dichas instituciones preferían definir a sus proyectos con otros nombres como; espacios virtuales o simulaciones.

Frank Biocca y Mark R. Levy (1995) mencionan que, en un principio, el concepto de realidad virtual no fue bien recibido en los espacios académicos y centros de investigación, pero que, con el paso del tiempo, su uso se difundió gracias a los medios de comunicación. También aclaran que el término simulación se utiliza actualmente para describir un tipo de realidad virtual en específico y presentan una serie de descripciones referentes a la realidad virtual, que son muy conocidas dentro del área de la comunicación (Biocca y Levy, 1995):

La realidad virtual es la vanguardia de la evolución general de las interfaces de comunicación actuales como la televisión, las computadoras y el teléfono hacia el surgimiento de un metamedio (...) La realidad virtual forma este metamedio emergente, es como un traje de buceo con el que uno puede sumergirse y explorar el océano electrónico (...) la realidad virtual no es la tecnología; es el destino. El objetivo final del diseño de la interfaz de realidad virtual es nada menos que la inmersión total de los canales sensomotores humanos en una vívida experiencia generada por computadora. En el sistema ideal, el cuerpo está envuelto en comunicación y late con información. (...) El entorno de realidad virtual envuelve los sentidos. El optimista diría que abraza los sentidos; el pesimista diría que los secuestra.

Una definición más reciente y concreta, postulada desde el campo de la ingeniería y los sistemas computacionales, es la que proponen Steve Mann et al (2018). Ellos mencionan:

La realidad virtual es una simulación, de experiencia realista, generada por computadora. Normalmente, la realidad virtual bloquea el mundo real y lo reemplaza por un mundo virtual.

Dentro de la misma área Leif P. Berg y Judy M. Vance (2017) exponen que:

La realidad virtual es un conjunto de tecnologías que permiten a las personas experimentar de forma inmersiva un mundo más allá de la realidad (...). Las tecnologías de visualización [de realidad virtual] vienen en una variedad de modalidades y tamaños, cada uno con el objetivo de entregar información a nuestros sentidos, en particular la vista, el oído y el tacto. Mientras que el olfato y el gusto han recibido comprensiblemente menos atención (...). En esencia, la realidad virtual es una experiencia humana (...). La tecnología [de realidad virtual] está diseñada expresamente para aprovechar el sistema de procesamiento de información humana, para imitar cómo interpretamos el mundo que

nos rodea (...) [la realidad virtual] suplanta la información de la realidad con la del mundo virtual (...) son nuestras mentes las que ponen las piezas juntas para formar la experiencia.

Las definiciones anteriores plantean ciertas coincidencias que describen la realidad virtual como un metamedio con el que el usuario puede tener una experiencia sensorial. Se trata de un tipo de virtualidad generada mediante dispositivos electrónicos que aprovecha tanto los sentidos como los sistemas de procesamiento de información humanos para que sus usuarios perciban los entornos y los objetos virtuales.

2.1.2 Características de la realidad virtual

La realidad virtual presenta algunas características particulares que pueden ser útiles en muchas de las áreas de actividad humana. A continuación, se presentan las más relevantes:

- *Entorno controlado/presentación simultánea de entornos y objetos virtuales.* Derrick de Kerckhove (2018) menciona que la presentación simultánea de entornos y objetos virtuales genera rutinas cien por ciento controladas que no presentan variación.
- *Presentación de rutinas preestablecidas.* La realidad virtual permite establecer rutinas cuyas acciones son posibles de seguir sin que necesariamente se tengan que desarrollar en tiempo real, es decir, se puede acceder a un sistema virtual en cualquier momento y la experiencia generada va a presentar las mismas condiciones.
- *Recorrido.* Los entornos de realidad virtual, al ser digitales, se pueden ver y recorrer desde distintos ángulos y de diversas formas, lo que enriquece el significado de lo que se presenta.
- *Inmersión.* La inmersión es una sensación relacionada con el conocimiento que tiene el individuo del “yo” que lo hace sentir como si estuviera físicamente en el mundo virtual. El grado de inmersión es la capacidad que tienen los sistemas virtuales para aproximar al usuario a una experiencia similar a la que está acostumbrado en el

mundo real. Luque (2020) señala que el contenido que se presenta en un sistema virtual puede afectar el grado de inmersión, ya que no es lo mismo entrar a una simulación de un mundo onírico que a una simulación del mundo real.

- *Tecnologías de seguimiento.* Normalmente, los sistemas de realidad virtual inmersiva requieren el uso de tecnologías que permitan seguir las acciones que realiza el usuario.
- *Espacio e iluminación adecuados.* En general, utilizar un sistema de realidad virtual inmersiva requiere hacer uso de un espacio físico amplio con iluminación adecuada para que los sensores puedan detectar los movimientos del usuario.

2.1.3 Categorización de los sistemas de realidad virtual

Desde sus inicios, las tecnologías de realidad virtual han puesto de manifiesto el deseo patente del ser humano por realizar lo que se conoce como “copia esencial”, es decir, el desarrollo de una “imagen” artificial cuya correspondencia con la realidad es tan exacta que le permite fusionarse con ella. Dicha idea se ha planteado desde la antigüedad en culturas como la griega o la romana. Como ejemplo destaca la historia de la enciclopedia escrita por Plinio el Viejo, *Historia natural*, que presenta la competencia que hubo entre Zeuxis y Parrhasius para determinar quién era el mejor pintor. En la anécdota, se cuenta que Zeuxis pintó unas uvas que se veían tan reales y apetecibles que unos pájaros se acercaron a picotearlas. Orgulloso, Zeuxis pidió que retiraran las cortinas que cubrían la pintura de Parrhasius para poder observarla, pero la pintura eran precisamente dichas cortinas. Zeuxis había conseguido engañar a las aves, mientras que Parrhasius, al artista. Esto puede adaptarse al presente e interpretarse como dos diseñadores de realidad virtual que compiten para saber quién es capaz de producir la mejor ilusión perceptual y hacer que el mundo digital se confunda con el real.

Respecto a las categorizaciones, los sistemas de realidad virtual son de tres tipos de acuerdo con la forma en que son percibidos a través de los dispositivos electrónicos: no inmersivos, semi-inmersivos e inmersivos (Bamodu y Ye, 2013).

Tabla 2.1 *Sistemas de realidad virtual*

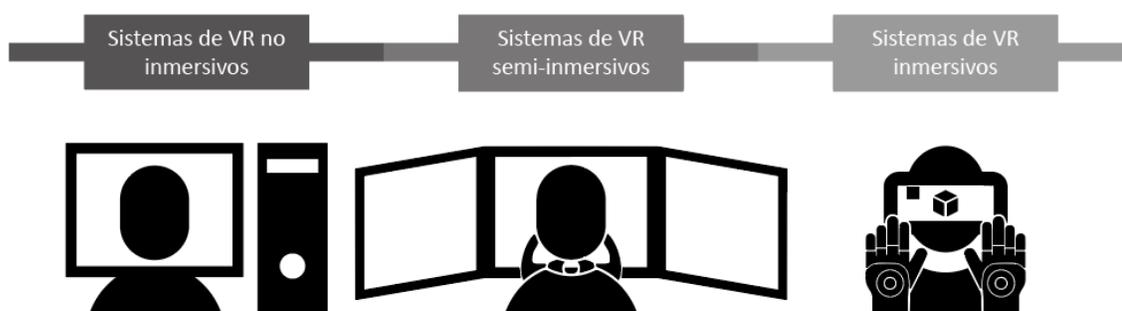
Tipos de sistemas de realidad virtual	Características
Sistemas de realidad virtual no inmersivos	<ul style="list-style-type: none"> - También son llamados sistemas de realidad virtual de escritorio o sistemas de realidad virtual de grado cero. - Autores como Bolter y Grusin (1996) , señalan que este tipo de sistemas son los que tienen mayor grado de presencia en el mundo real. Los usuarios pueden percibir el entorno virtual sin sentirse dentro del mismo. - Están pensados para el público general. - Las tecnologías que se utilizan en estos sistemas suelen ser de bajo costo y se consiguen fácilmente, como las computadoras de escritorio, las <i>tablets</i> y los <i>smartphones</i>.
Sistemas de realidad virtual semi-inmersivos	<ul style="list-style-type: none"> - También son llamados sistemas de realidad virtual híbridos. - Proporcionan un nivel de inmersión medio, es decir, siguen manteniendo la simplicidad y la capacidad para que los usuarios se sientan en contacto con los objetos físicos del mundo real. - Las tecnologías que se utilizan en estos sistemas suelen ser de costo medio. - Los dispositivos y periféricos que se emplean en estos sistemas son especializados. Un ejemplo de estos sistemas es el <i>CAVE (cave automatic virtual environment)</i> en este el usuario se encuentra rodeado de pantallas que proyectan el mundo virtual.

Sistemas de realidad virtual inmersivos	<ul style="list-style-type: none"> - Son sistemas que generan mundos y entornos virtuales como representación alternativa de la realidad. - Este tipo de sistemas buscan que el usuario se sienta inmerso en el entorno virtual. - Las tecnologías que se utilizan en estos sistemas suelen ser de alto costo. - Los dispositivos y periféricos que se usan en estos sistemas son de última generación; por ejemplo, los guantes y trajes hápticos, las caminadoras omnidireccionales y los cascos HMD, estos últimos son dispositivos esenciales para generar en el usuario una sensación de inmersión total en el entorno virtual.
---	--

Nota. Elaboración propia.

Como curiosidad, cabe señalar que el primer proyecto formal que fue desarrollado para generar una inmersión total fue uno llamado “Whirlwind”, que inició en el año de 1947 por la Marina de Guerra de los Estados Unidos y el Instituto Tecnológico de Massachusetts y que consistía en un simulador que utilizaba pantallas para mostrar imágenes de vuelo con el objetivo de ayudar a entrenar a los pilotos bombarderos de Estados Unidos. Hoy en día, dicho simulador es considerado un sistema semi-inmersivo, por lo cual se puede decir que el avance de la tecnología marca la pauta para redefinir los conceptos, tanto de la realidad virtual como de los tipos de sistemas y los grados de inmersión. En la siguiente figura se representan los tipos de sistemas de realidad virtual con los cuales los usuarios pueden vivir distintas experiencias.

Figura 2.2 Tipos de sistemas de realidad virtual según su grado de inmersión



Nota. Representación de los tipos de realidad virtual con los cuales los usuarios pueden vivir distintas experiencias [Esquema]. Elaboración propia.

Asimismo, existe otra categoría importante para clasificar los sistemas de realidad virtual que está determinada por el tipo de interactividad: sistemas de realidad virtual pasivos y sistemas de realidad interactivos (Luque, 2020).

Tabla 2.2 Realidad virtual según su grado de interactividad

Tipos de realidad virtual según su grado de interactividad	Descripción
Sistemas de realidad virtual pasivos	Son sistemas que restringen la capacidad del usuario para interactuar con el mundo y los objetos virtuales que generan.
Sistemas de realidad virtual interactivos	Son sistemas con los cuales se tiene cierto grado de control sobre el entorno y los objetos virtuales.

Nota. Elaboración propia.

2.2 Introducción a la realidad aumentada

El concepto de realidad aumentada aparece por primera vez en la novela “The master key” (1901) de Lyman Frank Baum, quien plantea la existencia de unas gafas electrónicas que muestran el carácter de las personas.

El marcador de carácter (...) consiste en un par de lentes. Mientras los lleves puestos, cada persona que te encuentres tendrá una marca en su frente con una letra indicando su carácter. Los buenos tendrán la letra “G” [*good*], los malvados la letra “E” [*evil*]. Los sabios serán marcados con una “W” [*wise*] y los tontos con una “F” [*foolish*]. Los amables mostrarán una “K” [*kind*] en sus frentes y los crueles una “C” [*cruel*]. Con esto podrás determinar con una sola mirada la verdadera naturaleza de las personas con quienes te encuentres (Baum, 1901).

En su novela, Fran Braum pone de manifiesto la idea central de la realidad aumentada que consiste en superponer objetos virtuales en el mundo real con el fin de enriquecerlo -a diferencia de la realidad virtual cuyo objetivo máximo es la inmersión del usuario en el entorno virtual-, delimitando intencionalmente la frontera entre la realidad física, que es en la que el individuo habita, y las entidades virtuales, que se le presentan a través del dispositivo electrónico.

2.2.1 Definición de realidad aumentada

La realidad aumentada (*AR-augmented reality*) se materializa por primera vez en un proyecto en la década de los sesenta gracias al trabajo de Sutherland, quien inventa una pantalla que se podía montar en la cabeza y era controlada por medio de una computadora. Dicha pantalla permitía mostrar dos imágenes separadas, una para cada ojo, que generaban un efecto estereoscópico de tercera dimensión. En 1992, Thomas P. Caudell acuña formalmente el concepto de realidad aumentada en su artículo “Augmented reality: An application of heads up display technology to manual manufacturing processes”, en el que hace referencia a un *software* que implementa en unas gafas para proyectar planos de cableado sobre algunas piezas de los aviones. En su artículo, define la realidad aumentada desde el campo de la ingeniería y los sistemas computacionales:

El concepto general, es proporcionar al trabajador de la fábrica un visor de realidad virtual transparente, y utilizar este dispositivo para aumentar su campo visual con información útil que cambie dinámicamente (...). Esta tecnología se utiliza para “aumentar” el campo visual del usuario con la información necesaria en el desempeño de la tarea actual, por lo tanto, nos referimos a esta tecnología como realidad aumentada.

Cinco años más tarde, Ronald T. Azuma (1997), propuso la que quizá sea la definición más popular sobre realidad aumentada:

La realidad aumentada le permite al usuario observar el mundo real con objetos virtuales superpuestos. Por lo tanto, la realidad aumentada complementa la realidad en lugar de reemplazarla por completo. Idealmente, debería parecer al usuario que los objetos virtuales y reales coexisten en el mismo espacio.

Cuatro años más tarde, el planteamiento que hizo Azuma sobre la realidad aumentada fue actualizado por el mismo autor y un conjunto de expertos en el área como Yohan Baillet et al. (2001), quienes, además, aprovecharon para definir las tres propiedades intrínsecas de todo sistema de realidad aumentada:

La realidad aumentada complementa el mundo real con el virtual de objetos (generados por computadora) que parecen coexistir en el mismo espacio que el mundo real. Mientras que muchos investigadores amplían la definición de realidad aumentada más allá de esta visión, definimos que un sistema de realidad aumentada debe tener las siguientes propiedades:

- Se ejecuta de forma interactiva en tiempo real.
- Combina objetos reales y virtuales en un entorno real.
- Registra (alineación) objetos reales y virtuales.

Por último, se presenta una de las definiciones más recientes propuesta por Steve Mann et al. (2018).

La realidad aumentada es un concepto similar a la realidad virtual, pero, en lugar de bloquear la realidad, el contenido generado por computadora se agrega o se incorpora en la experiencia del mundo real de modo que ambos puedan experimentarse juntos.

De las definiciones anteriores se concluye que los sistemas de realidad aumentada muestran un mundo real enriquecido con los objetos e información digital superpuestos. Estos sistemas funcionan alineando la realidad y la virtualidad en tiempo y forma para

construir ambientes coherentes, integrados y enriquecidos. Asimismo, mientras la realidad aumentada busca complementar el mundo real, la realidad virtual busca reemplazarlo.

2.2.2 Características de la realidad aumentada

La realidad aumentada ha tenido un gran auge en los últimos años gracias al avance tecnológico de sus principales medios de acceso como los *smartphones* (teléfonos móviles inteligentes) y las *tablets* (tabletas digitales). Roland Azuma et al. (2001) :

- *Combinan objetos virtuales con un entorno real.* Un sistema de realidad aumentada se distingue porque su entorno -el mundo real- es complementado con entidades virtuales.
- *Objetos controlados.* La realidad aumentada presenta objetos virtuales controlados en un entorno real-dinámico siempre cambiante.
- *Se ejecutan de forma interactiva en tiempo real.* Los sistemas de realidad aumentada se ejecutan de forma interactiva en tiempo real para coordinarse con lo que el usuario percibe fuera de dicho sistema.
- *Registra (alinea) objetos reales y virtuales.* Para que un sistema de realidad aumentada funcione correctamente se requiere coordinar y alinear el entorno real con las entidades virtuales que se le presentan al usuario.
- *Detección del mundo real y proyección.* Los sistemas de realidad aumentada requieren detectar un espacio en el mundo real para que sirva como desencadenante. Lo más común es que dicha detección se realice mediante un sistema de mapeo (geolocalización) o el uso de marcadores.
- *Presencia.* Es la característica que determina la sensación de estar en un entorno. Jonathan Steuer (1992) hace una distinción clara entre los conceptos de presencia y telepresencia. Sostiene que la presencia se refiere a la percepción natural de un entorno; en cambio, la telepresencia tiene que ver con la sensación de percibir un entorno de forma mediada, es decir, percibir un entorno como si se estuviera sintiendo a través de un dispositivo. De esta manera, el sentido de presencia en la

realidad aumentada implica hacer que el individuo tenga la noción de estar conectado de alguna manera con el mundo real.

- *Espacio e iluminación adecuados.* Los sistemas de realidad aumentada requieren de un espacio físico bien iluminado que le permita presentar los objetos virtuales en un área para mapear o un espacio en donde se pueda colocar un marcador.

2.2.3 Categorización de la realidad aumentada

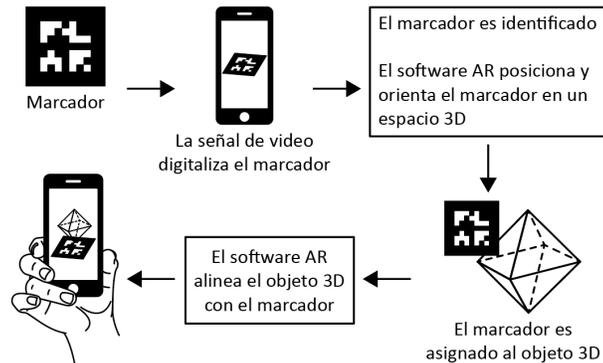
Kipper y Rampolla (2012) proponen dos formas de clasificar la realidad aumentada. La primera clasificación toma como parámetro las características del *hardware* y es la siguiente:

- *Sistemas de realidad aumentada de tipo fijo.* Son sistemas que restringen la posibilidad de que el usuario realice desplazamientos mediante los dispositivos de acceso.
- *Sistemas de realidad aumentada de tipo móvil.* Son sistemas que le permiten al usuario efectuar desplazamientos con los dispositivos de acceso.

La segunda clasificación considera la forma en la que un sistema de realidad aumentada reconoce el entorno para presentar objetos virtuales y se presenta a continuación:

- *Reconocimiento por medio de marcadores o símbolos.* Es una forma de reconocimiento del entorno que utiliza marcadores para presentar objetos virtuales tridimensionales. El proceso básico inicia cuando se activa una cámara que muestra una señal de video en tiempo real, después, por medio de un *software*, la señal identifica un marcador asociado con un objeto tridimensional que, finalmente, es alineado y presentado en la pantalla del dispositivo.

Figura 2.3 Sistema de realidad aumentada que utiliza una imagen como marcador



Nota. Proceso básico de un sistema de realidad aumentada que utiliza una imagen como un marcador para mostrar objetos tridimensionales [Diagrama]. Elaboración propia.

- **Reconocimiento por medio de puntos de localización geográfica.** Es una forma de reconocimiento que utiliza coordenadas geográficas para presentar objetos virtuales tridimensionales. El proceso inicia cuando se activa una cámara que muestra una señal de video en tiempo real. Después, por medio de un *software*, la señal identifica un punto o una serie de puntos localizados geográficamente que sirven como referencia para presentar un objeto tridimensional. Normalmente, en este reconocimiento, se utiliza la tecnología de posicionamiento global (*GPS-global positioning system GPS*) de los *smartphones* y las *tablets*, cuyas capacidades sirven para detectar las coordenadas en los ejes X, Y, y Z. El reconocimiento por medio de puntos de localización geográfica, a diferencia del que utiliza marcadores o símbolos, funciona en cualquier área geográfica sin la necesidad de hacer un proceso de etiquetado.

Los sistemas de realidad aumentada también se pueden clasificar en función de la complejidad de las formas de reconocimiento (Luque, 2020):

- Nivel 0. En este nivel solamente se utilizan hiperenlaces.

- Nivel 1. Marcadores. En este nivel se utilizan marcadores (en general imágenes en blanco y negro) como formas de reconocimiento para presentar objetos virtuales, el ejemplo más común de marcadores de nivel 1 son los códigos QR.
- Nivel 2. En este nivel se utiliza la tecnología de posicionamiento global (GPS) como forma de reconocimiento.
- Nivel 3. Visión aumentada. En este nivel se utiliza la tecnología de experiencia inmersiva y personal como los cascos HMD.

2.3 Introducción a la virtualidad aumentada

El término virtualidad aumentada se presenta por primera vez en el artículo de Paul Milgram y Fumio Kishino (1994) en el que explican el “continuo de virtualidad” como un eje “X”, cuyos extremos son el entorno real y el entorno virtual, con el que se pueden clasificar los sistemas virtuales según su grado de acercamiento a uno de los extremos. Como se puede ver en la siguiente figura, los sistemas cuyo entorno es virtual se clasifican dentro del concepto de virtualidad aumentada, mientras que los sistemas cuyo entorno es real se clasifican dentro de la realidad aumentada.

Figura 2.4 Continuo de virtualidad propuesto por Paul Milgram y Fumio Kishino



Nota. Continuo de virtualidad en donde se observa que el grado de acercamiento de los sistemas de realidad aumentada respecto al entorno real es mayor que el de la virtualidad aumentada y la realidad virtual. Esto es así porque son sistemas que les permiten a los usuarios observar su entorno físico. Adaptado de “A taxonomy of Mixed Reality visual displays” (p.3) [Diagrama], por Paul Milgram y Fumio Kishino, 1994, https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays

2.3.1 Definición de virtualidad aumentada

Milgram y Kishino (1994) definen la virtualidad aumentada (*AV-augmented virtuality*) como un recurso para aumentar los entornos virtuales con elementos procedentes del mundo real. En la virtualidad aumentada, donde el entorno es virtual, este adquiere una gran relevancia pues en él se presentan la información y los contenidos. La parte física se utiliza únicamente como refuerzo o medio para poder controlar el mundo virtual; en otras palabras, actúa como un recurso que estimula la interacción física del usuario con lo virtual. Un ejemplo claro es el control de seguimiento que se utiliza para manipular elementos virtuales por medio de la detección del movimiento de alguna de las partes del cuerpo.

2.3.2 Características de la virtualidad aumentada

Para Milgram y Kishino (1994) tanto la realidad aumentada como la virtualidad aumentada forman parte de las “realidades mixtas” o estados intermedios del continuo de virtualidad. Ambas combinan las representaciones virtuales y reales. La diferencia radica en que la realidad aumentada se produce en un entorno real que es aumentado por elementos virtuales, mientras que la virtualidad aumentada se produce en un entorno virtual que permite ver objetos reales. El mayor desafío que enfrenta la realización de un sistema de virtualidad aumentada es hacer el seguimiento y registro para que la posición de los objetos reales coincida con el entorno virtual. De acuerdo con ese seguimiento y registro, los sistemas de virtualidad aumentada se pueden clasificar en tres tipos (Neges et al., 2018):

- *Seguimiento estático*. En este tipo de seguimiento se calibra la posición específica de un objeto físico en el entorno virtual. Consiste en colocar un objeto real en una posición determinada, cerca o dentro de un marcador, para que el sistema lo detecte y le dé seguimiento durante la experiencia.
- *Seguimiento interactivo*. Es un tipo de seguimiento en donde se le colocan puntos clave a un objeto real para poder registrar su posición en el entorno virtual y moverlo hacia posiciones y lugares determinados.

- *Seguimiento dinámico.* Es el seguimiento continuo que se le hace a un objeto físico en el entorno virtual en donde su posición y movimiento pueden cambiar sin problema. Un claro ejemplo de este tipo de seguimiento es el que utilizan los *head-mounted display* (HMD) que, por medio de sus cámaras integradas, pueden seguir el movimiento de las manos del usuario (*hand tracking*).

Las características generales de la virtualidad aumentada son las siguientes:

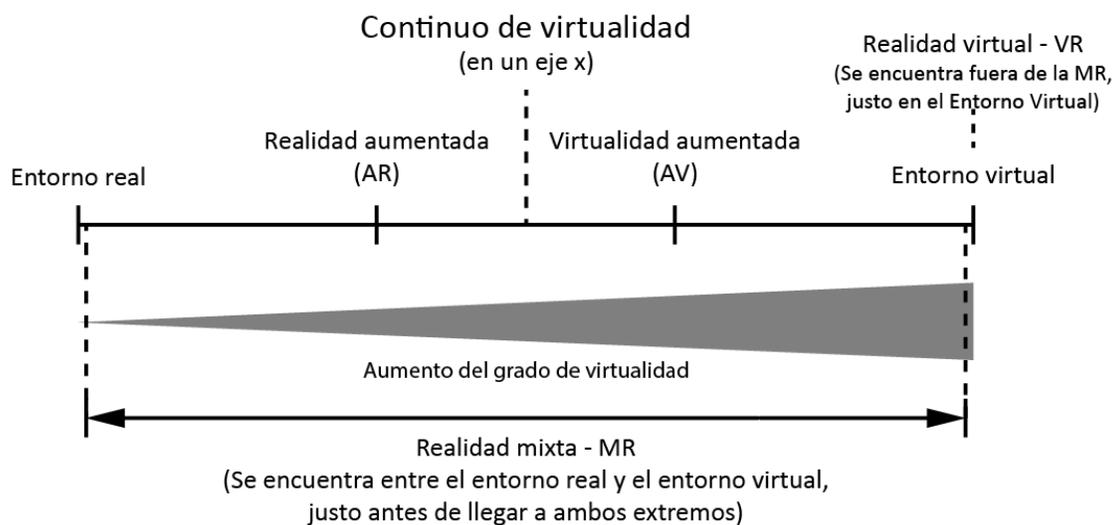
- *Presentación de objetos reales en el mundo virtual.* La virtualidad aumentada permite presentar objetos procedentes del mundo real en entornos virtuales.
- *Interacción simultánea con objetos reales y elementos virtuales.* En la virtualidad aumentada, el usuario interactúa al mismo tiempo con objetos reales y elementos virtuales.
- *Recorrido.* Permite que el usuario recorra el mundo virtual.
- *Tecnologías de registro y seguimiento.* Por lo general, los sistemas de virtualidad aumentada requieren hacer uso de tecnologías para registrar la posición de un objeto y seguirlo.
- *Espacio e iluminación adecuados.* Un sistema de virtualidad aumentada requiere hacer uso de un espacio físico amplio con iluminación adecuada para que los sensores puedan detectar las acciones del usuario, así como la posición y el movimiento de los objetos.

2.4 Introducción a la categoría de realidad mixta

La realidad mixta (*MR-mixed reality*) es una categoría general o super conjunto que deriva de la taxonomía y el continuo de virtualidad propuesto por Paul Milgram y Fumio Kishino (1994). Precisamente, uno de los conceptos más conocidos respecto a la realidad mixta es el que proponen dichos autores:

[Refiriéndose a la realidad mixta] implican la fusión de mundos reales y virtuales en algún lugar a lo largo del "continuo de virtualidad" que conecta entornos completamente reales con entornos completamente virtuales. Probablemente el más conocido de ellos sea la realidad aumentada (RA), que se refiere a todos los casos en los que la visualización de un entorno, que de otro modo sería real, se amplía mediante gráficos virtuales, es decir, mediante gráficos por computadora (Milgram y Kishino, 1994).

Figura 2.5 Aumento del grado de virtualidad en los distintos tipos de realidad



Nota. Continuo de virtualidad en donde se observa el aumento del grado de virtualidad. Adaptado de "A taxonomy of Mixed Reality visual displays" (p.3) [Diagrama], por Paul Milgram y Fumio Kishino, 1994, https://www.researchgate.net/publication/231514051_A_Taxonomy_of_Mixed_Reality_Visual_Displays

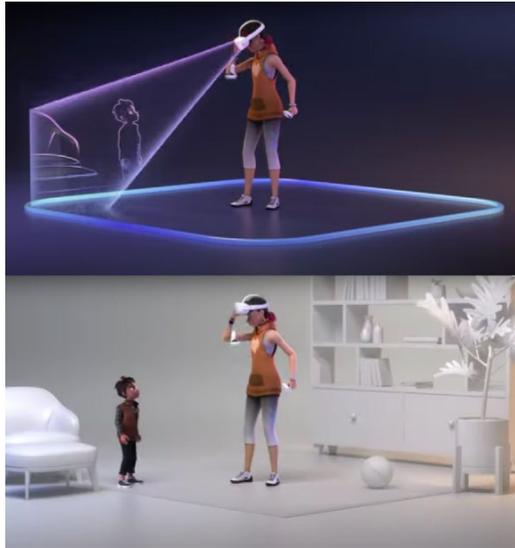
Como se puede ver en la figura anterior, la realidad mixta se encuentra en un punto intermedio entre el entorno real y el entorno virtual, justo antes de llegar a ambos extremos, lo que significa que la realidad virtual al ser cien por ciento virtual no se considera parte de la realidad mixta. Un concepto complementario a esta idea es propuesto por Steve Mann et al. (2018):

Milgram y Kishino han sugerido que la realidad aumentada existe a lo largo de un continuo entre lo real y lo virtual, dando lugar a la "realidad mixta". En este contexto podemos pensar que la realidad aumentada se puede ajustar [por medio de un "mezclador" "fader" o "deslizador"] hacia la izquierda o hacia la derecha de un eje "X" (...) entre los extremos de realidad y virtualidad.

Una vez explicado el contexto, se puede afirmar que el término de realidad mixta se refiere a una amplia gama de tecnologías que se utilizan para combinar elementos físicos y virtuales en diferentes grados y que abarcan los puntos transitorios entre el mundo real y el mundo virtual. A esta gama de realidades se le conoce como el "espectro de la realidad mixta". Dentro de este espectro, la realidad aumentada comprende un entorno real con objetos y contenido virtual agregado, a diferencia de la virtualidad aumentada que muestra un entorno virtual que integra objetos extraídos de la realidad, aunque ambas son parte del espectro de la realidad mixta y, a su vez, forman parte de los puntos intermedios entre el mundo real y el mundo virtual.

Cabe señalar que existen tecnologías enfocadas en potenciar un solo subconjunto de la realidad mixta (es decir la realidad aumentada o la virtualidad aumentada), pero también hay tecnologías que combinan diferentes tipos de virtualidad. Un ejemplo son las gafas Oculus Quest, de la compañía Oculus, y las gafas *HTC Vive*, desarrolladas por High Tech Computer Corporation y Valve, *que* integran las tecnologías de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual para presentar contenido virtual tridimensional, delimitar los espacios y marcar los objetos del mundo real.

Figura 2.6 Dispositivo head-mounted display que integra las tecnologías de AR, AV y VR



Nota. Oculus Quest es un dispositivo HMD que integra las tecnologías de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual. En la imagen se observa cómo se combinan dichas tecnologías para mostrarle al usuario los objetos próximos con los que puede colisionar. Adaptado de “Space Sence, Oculus Quest Platform” [Imagen], sitio de YouTube oficial de Meta Quest, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=DpVq3ITxqGc>

Por último, es importante mencionar que, a medida que avanza la tecnología, se han desarrollado sistemas cuya virtualidad se asemeja cada vez más a la realidad. Por lo tanto, eventualmente, será cada vez más difícil distinguir el mundo que se está experimentando, si predominó lo virtual o lo real (esto ya pasa en las películas en donde cuesta trabajo diferenciar entre las entidades reales y las que están hechas por computadora).

2.4.1 Características de la realidad mixta

A continuación, se presentan las características de la realidad mixta que se consideran más importantes de acuerdo con lo que señalan Paul Milgram y Fumio Kishino (1994) y Javier Luque (2020):

- *Es una categoría general que modula las cualidades de la realidad aumentada y virtualidad aumentada.*
- *La realidad mixta genera espacios en los que interactúan, se yuxtaponen y median las entidades reales, es decir, se realiza una integración de lo físico con lo digital.*
- *Presentar un sistema de realidad mixta requiere usar un dispositivo capaz de modular las entidades físicas y las digitales.* En este punto, además se considera que es muy diferente experimentar la realidad con nuestros propios ojos que a través de un cristal o mediante una pantalla que requiere muestrear una parte de la realidad para transformarla en datos.

2.5 Introducción a la realidad extendida

La película *Desafío total* muestra una sociedad del futuro con tecnologías propias de la ciencia-ficción. En ella, Arnold Schwarzenegger se despierta empapado en sudor, no sabe si está entrando o saliendo de la fantasía que una agencia de viajes ha elaborado para él. Sus recuerdos reconstruidos son tan fuertes que no puede distinguir la realidad de la ficción. Tarde o temprano eso podría ocurrir, pero en nuestro caso no tendríamos que despertarnos entre sudor para detener la experiencia, podremos simplemente quitarnos los visores y apagar el ordenador. (Kerckhove, 2018).

En términos reales, todavía se está lejos de contar con una tecnología que permita desarrollar una realidad sustituta como la que aparece en *Desafío total*. En la actualidad, los sistemas de virtualidad no son universales, sino que están configurados para realizar tareas muy particulares. En ese sentido, la *extended reality* (XR-realidad extendida) se presenta como una categoría de visión integradora; es una nueva forma de percibir el mundo en donde las tecnologías de virtualidad se combinan con otro tipo de tecnologías informáticas para generar formas de comunicación alternas. Esta nueva forma de percibir el mundo se ve reflejada en conceptos de reciente aparición: multisensorialidad, multimodalidad o multiexperiencia.

La realidad extendida tiene su origen formal en el año de 1961 cuando Charles Wyckoff presentó la patente de una película *high dynamic range* (HDR-alto rango dinámico) que era capaz de captar explosiones nucleares y otros fenómenos con un contraste mayor de lo que

se podía percibir a simple vista. Cabe señalar que, anteriormente, a mediados del siglo XIX, Gustave Le Gray ya realizaba fotografías de paisajes marinos utilizando un negativo para el cielo y otro, con una exposición mayor, para el mar, que posteriormente combinaba en una sola imagen.

A partir de los años ochenta, con la llegada de los ordenadores, se pudo mejorar la técnica de Charles Wyckoff gracias al desarrollo del *high dynamic range radiance* (*radiance HDR-HDR radiante*), que permitía captar un rango de iluminación más amplio que el HDR. A lo largo de la década de los noventa, Steve Mann y Charles Wyckoff construyeron una serie de dispositivos visuales para computadoras portátiles, los cuales aumentaban la extensión sensorial humana a través de imágenes *extended dynamic range film* (rango dinámico extendido).

El concepto *extended* llega hasta nuestros días en la primera década del siglo XXI cuando Sony Corporation lo retoma para describir la percepción sensorial extendida que las personas podían experimentar con sus dispositivos *Sony Xperia*.

2.5.1 Definición de realidad extendida

En 2018, Steve Mann menciona que la realidad extendida está relacionada con una serie de conceptos y postulados que utilizan la letra “X” para representar una variable posicionada en el continuo de virtualidad, propuesto por Paul Milgram y Fumio Kishino (1994), el cual consiste en un eje horizontal que va de izquierda a derecha y cuyos extremos son el entorno real y el entorno virtual (Mann et al., 2018).

Además, Mann et al. (2018) exponen dos acepciones para entender la realidad extendida. La primera es considerar que la variable “X” también es empleada en los conceptos de *X-Reality* (realidad X) y *cross-reality* (realidad cruzada), lo que genera que los tres términos (*extended reality*, *X-Reality* y *cross-reality*) se utilicen de forma equivalente. La segunda acepción es la discrepancia que existe respecto a la forma en que se debe colocar la variable “X” en el continuo de virtualidad, lo que origina tres significaciones distintas.

Respecto al primer problema, es decir, la equivalencia entre *extended reality*, *X-Reality* y *cross-reality*, se puede decir que la sinonimia en parte es cierta, ya que el término *cross-reality* se utiliza para referirse a un intercambio de medios entre el entorno real y el virtual (de ahí la palabra “cruzar”), lo que también ocurre en la realidad extendida. En ese sentido, una alude a la acción (*cross-reality*) y otra hace referencia al entorno en el que ocurre dicha acción (*extended reality*).

En cuanto a la *X-Reality*, es un término relacionado con las marcas comerciales, ya que, como se mencionó, fue registrado y utilizado, en 2008, por la compañía Sony Corporation para describir la percepción sensorial extendida que se podía experimentar a través de sus dispositivos *Sony Xperia*. Por tanto, la realidad extendida y la *X-Reality* coinciden en extender la percepción sensorial del usuario, aunque en el caso de la realidad extendida es un planteamiento de carácter general que no especifica la necesidad de uso de ningún dispositivo de una marca específica.

En relación con la acepción de las tres clasificaciones por la forma en que se posiciona la variable “X” en el continuo de virtualidad, se presentan tres escenarios:

Escenario 1. Realidad extendida entendida como un sinónimo de la realidad mixta. En este escenario, planteado por Paul Milgram y Fumio Kishino (1994) es un equivalente al eje que define el continuo de virtualidad, por lo que la realidad extendida se vuelve sinónimo de la realidad mixta. En palabras de los autores.

La realidad extendida se entiende como aquellas tecnologías que aumentan los sentidos humanos creando una mezcla entre los extremos de realidad y virtualidad. En este sentido la “X” define un eje que mezcla la realidad y la virtualidad

Escenario 2. Realidad extendida entendida como una subcategoría de la realidad mixta. En este escenario, planteado por autores como Paradiso y Landay (2009) y Coleman (2009), la variable “X” se posiciona dentro del continuo de virtualidad, ya que no se propone una mezcla entre los entornos reales y virtuales, sino su delimitación con base en dicho continuo. En este escenario, la realidad extendida solo puede estar dentro de la realidad mixta. Al respecto, Paradiso y Landay (2009) mencionan:

[Refiriéndose a las tecnologías de realidad cruzada/*cross-reality*]. Son redes de sensores que pueden canalizar información densa del mundo real hacia mundos virtuales donde se interpretan estos datos y se muestra a los usuarios que se encuentran dispersos (...) La *cross-reality* se distingue en que los conductos de la virtualidad están en todas partes, no restringidas a cascos u otros dispositivos portátiles/móviles... No solo están llenos de datos inanimados, son también entornos sociales, poblados con avatares impulsados por humanos y otras representaciones de residentes y datos de sensores.

Según la definición anterior, tanto los entornos reales y virtuales como sus agentes están bien definidos, mientras que los primeros surgen de la interacción de los sensores tecnológicos y los actuadores humanos que los controlan, los agentes virtuales proceden de los recursos compartidos en línea. Coleman (2009) reafirma la postura de Paradiso-Landay (2009) en su definición:

La *cross-reality* (también conocida como realidad-X o *X-Reality*) es un intercambio informativo o de medios entre los sistemas del mundo real y virtual... El diseño de *X-Reality* reúne aspectos de diferentes campos históricos como la realidad virtual (*Virtual Reality-VR*), los entornos virtuales compartidos (*Shared Virtual Environments-SVE*), la interacción humano-computadora (*Human-Computer Interaction-HCI*) y las redes en tiempo real.

Es importante señalar que, en este escenario, se plantea que los conceptos *cross-reality* y *X-Reality* que proponen Paradiso y Landay (2009) y Coleman (2009) son equivalentes con el de realidad extendida.

Escenario 3 Realidad extendida entendida como una categoría general o superconjunto que abarca a los demás "tipos de realidad". En este escenario, planteado por autores como Åsa Fast-Berglund, Liang Gong y Dan Li (2018), la variable "X" se posiciona fuera del continuo de virtualidad haciendo que la realidad extendida se expanda más allá del entorno real y virtual, lo que la convierte en una categoría general o superconjunto que abarca tanto la realidad mixta como los demás "tipos" de realidad incluyendo la realidad virtual. Al respecto, Åsa Fast-Berglund, Liang Gong y Dan Li (2018) mencionan:

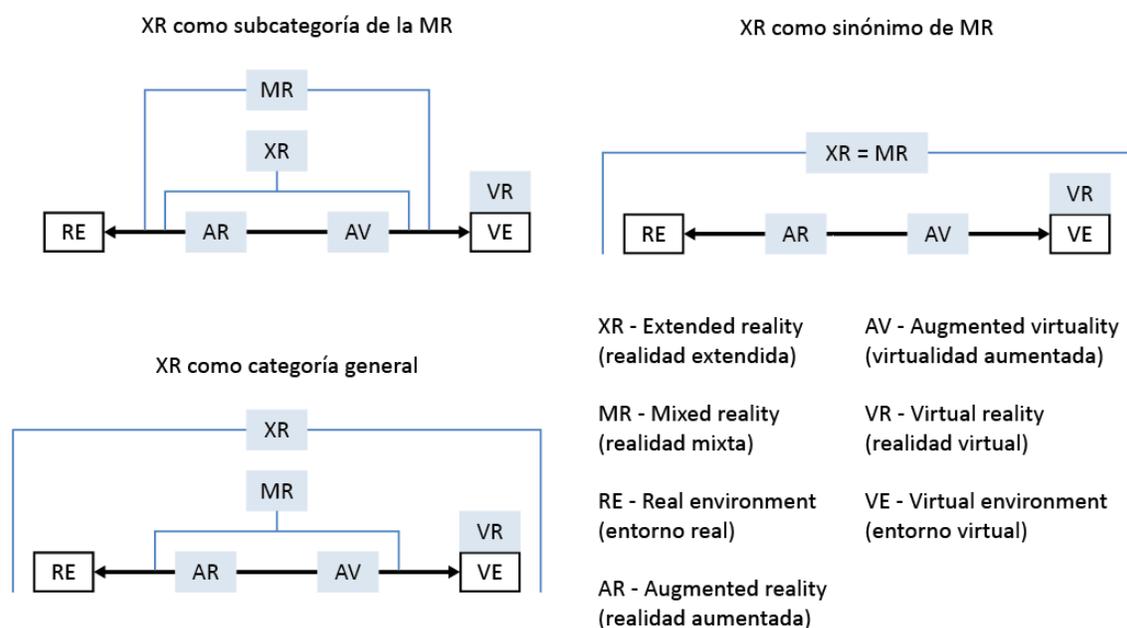
La realidad extendida (RE) es un término que se refiere a todos los entornos reales y virtuales combinados y las interacciones humano-máquina generadas por tecnología informática y wearables.

La definición anterior muestra la realidad extendida como una categoría general, de visión integradora, de las tecnologías y sistemas referentes a la virtualidad que, como su nombre lo indica, se “extienden” o acrecientan mediante cualquier otro sistema o tipo de tecnología. Steve Mann (2018) refuerza esta idea en su definición:

La realidad extendida permite extender, aumentar y expandir las capacidades sensoriales humanas a través de la computación portátil.

A fin de esclarecer los tres escenarios explicados en los incisos anteriores se presenta el siguiente esquema.

Figura 2.7 Escenarios sobre cómo puede entenderse la realidad extendida respecto a la forma en que se posiciona la variable “X” en el continuo de virtualidad



Nota. Los autores proponen tres escenarios respecto a la forma en que se posiciona la variable “X” en el continuo de virtual, lo que a su vez influye en cómo se entiende la realidad extendida [Diagrama].

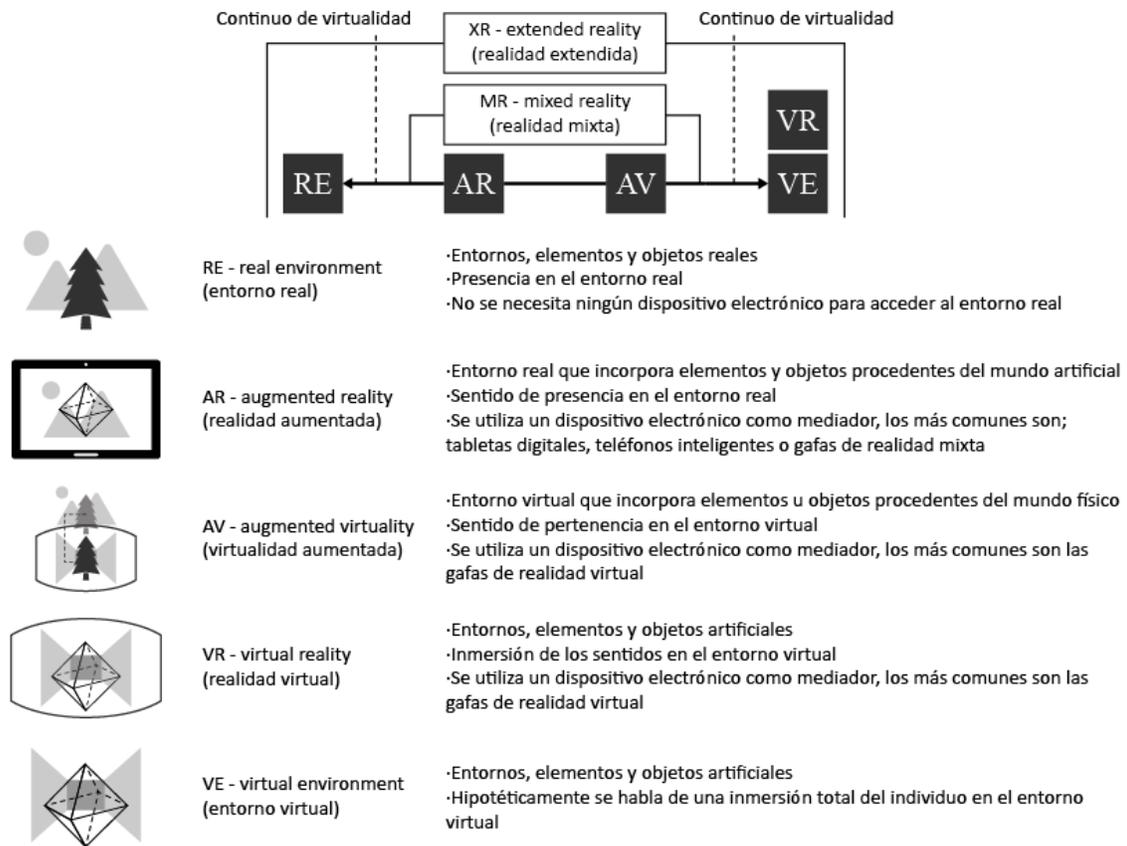
Elaboración propia.

En este punto es importante señalar que la presente investigación utiliza como enfoque principal el escenario tres propuesto por autores como Åsa Fast-Berglund, Liang Gong, Dan

Li (2018), Steve Man, Tomas Furness, Yu Yuan, Jay Iorio y Zixin Wang (2018) quienes plantean el concepto de realidad extendida como una categoría general que integra dentro de sus subcategorías a la realidad virtual y a la realidad mixta. La razón por la que se elige el escenario tres es porque la realidad virtual no puede integrarse dentro de una realidad mixta, pues no combina realidad y virtualidad, lo que descarta la clasificación que propone a la realidad extendida como un sinónimo de la realidad mixta. Además, la realidad extendida, al promover el uso de todas las tecnologías y sistemas referentes a la virtualidad, no podría ser subcategoría de la realidad mixta, ya que esta última se centra en el uso de las tecnologías relacionadas con la realidad aumentada y la virtualidad aumentada.

Para entender mejor los conceptos relacionados con las tecnologías tridimensionales hasta ahora expuestos, se muestra una figura con la taxonomía de la realidad extendida y las características que distinguen los entornos reales y virtuales, así como los tipos de virtualidad. En dicha figura se muestra una imagen para cada aspecto. Las montañas representan el entorno real, mientras que los árboles representan los objetos o entidades reales. Los prismas simbolizan los objetos o entidades virtuales; y los tres planos, el espacio virtual.

Figura 2.8 Taxonomía de la realidad extendida y las características que distinguen los entornos reales y virtuales, así como los tipos de virtualidad



Nota. Características que distinguen a los entornos reales y virtuales, así como a los tipos de virtualidad [Diagrama]. Elaboración propia.

2.5.2 Características de la realidad extendida

La realidad extendida integra la realidad aumentada, la virtualidad aumentada y la realidad virtual. Tomando en cuenta dicha integración, se presentan las características de la realidad extendida que se consideran más importantes de acuerdo con lo que señalan Steve Mann et al. (2018) y Åsa Fast-Berglund, Liang Gong y Dan Li (2018):

- *Es una categoría general que aglutina las cualidades de la realidad virtual y la realidad mixta.*

- Se “*extiende*” más allá del continuo de virtualidad. En la realidad extendida, se yuxtaponen y combinan los entornos y entidades “reales”, “virtuales” y humano-máquina mediante las tecnologías y los sistemas referentes a la virtualidad, así como cualquier otro sistema o tipo de tecnología informática y *wearable*. En ese sentido, la realidad extendida no se limita a las tecnologías para desarrollar un sistema virtual específico, ya sea de realidad aumentada, virtualidad aumentada o realidad virtual, sino que es un concepto en el que se contempla el potencial de cualquier tipo de tecnología informática.
- *Multiexperiencia*. Los sistemas de realidad extendida permiten generar una multiexperiencia. Este concepto fue utilizado por la empresa Gartner (2019) para englobar los modos en que los usuarios interactúan (multitáctil, multisensorial y multimodal) a través de los dispositivos físicos (computadoras, tabletas, celulares, *head-mounted displays*, etc.) y puntos de contacto virtual (realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual). En relación con esto, es claro que la multitud de formas en las que se pueden combinar dichos recursos añade una capa de complejidad a la comprensión de la interacción que hay entre el usuario, la tarea a realizar y la tecnología.

2.6 Características comunes y particulares entre los diferentes tipos de realidad y sus categorías

Los sistemas de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual presentan características en común, pero también características particulares que las distinguen. Se presentan a continuación ambos casos:

Características en común

- *Los sistemas de virtualidad dependen de los dispositivos electrónicos para funcionar.* El acceso y grado de participación de los usuarios en los distintos tipos de realidad depende de los dispositivos tecnológicos que, a su vez, necesitan electricidad para funcionar.

- *Operan bajo leyes flexibles.* Los sistemas de virtualidad presentan entidades virtuales cuyo comportamiento no está sujeto a las leyes físicas del mundo real.
- *Hacen uso de la perspectiva.* Kerckhove (2018) menciona que la perspectiva permite presentar contenidos de forma artificiosa, selectiva y parcial frente al espectador.
- *Presentan entidades virtuales.* Los sistemas de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual presentan entidades virtuales que el usuario puede ver y/o manipular.
- *Espacio e iluminación adecuados.* En general, los sistemas virtuales requieren hacer uso de un espacio físico y una iluminación adecuada para que los sensores funcionen eficientemente.

Características particulares

Tabla 2.3 *Características particulares de los tipos de virtualidad*

Tipo de realidad	Características particulares
Realidad virtual	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Entorno controlado.</i> Presentación simultánea de entornos y objetos virtuales - <i>Presentación de rutinas preestablecidas.</i> La realidad virtual presenta rutinas controladas cuyas acciones pueden seguirse fuera de tiempo real. - <i>Recorrido.</i> Permite que el usuario recorra el mundo virtual. - <i>Inmersión.</i> Busca captar/atrapar los sentidos del usuario para aproximarlos (en mayor o menor medida) a una experiencia similar a la que está acostumbrado en el mundo real. - <i>Tecnologías de seguimiento.</i> Normalmente los sistemas de realidad virtual inmersiva requieren hacer uso de tecnologías que permitan seguir las acciones que realiza el usuario.
Realidad aumentada	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Combina objetos virtuales en un entorno real.</i> Presenta objetos virtuales en un entorno real.

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Objetos controlados.</i> La realidad aumentada presenta objetos virtuales controlados en un entorno dinámico siempre cambiante, como lo es el mundo real. - <i>Se ejecutan de forma interactiva en tiempo real.</i> Se presentan objetos virtuales que se coordinan con el mundo físico en tiempo real para que el usuario interactúe con ellos. - <i>Registra (alinea) objetos reales y virtuales.</i> Trata de registrar/alinear la realidad con los objetos virtuales mediante el uso de un sistema de mapeo (geolocalización) o marcadores. - <i>Detección del mundo real y proyección.</i> Un sistema de realidad aumentada tiene que detectar el mundo real de alguna forma para que pueda realizar una proyección virtual. - <i>Presencia.</i> Los sistemas de realidad aumentada permiten que el usuario tenga la sensación de estar presente en el mundo real mientras ve o interactúa con los objetos virtuales, es decir, para que el usuario no pierda el sentido de la realidad los sistemas de realidad aumentada tratan de que la frontera entre lo real y lo virtual sea evidente y esté bien delimitada.
Virtualidad aumentada	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Presentación de objetos reales en el mundo virtual.</i> Los sistemas de virtualidad aumentada presentan elementos procedentes del mundo real en entornos virtuales. - <i>Interacción simultánea con objetos reales y elementos virtuales.</i> La virtualidad aumentada permite que el usuario interactúe al mismo tiempo con objetos reales y elementos virtuales. - <i>Recorrido.</i> Los sistemas de virtualidad aumentada permiten recorrer el mundo virtual. - <i>Tecnologías de registro y seguimiento.</i> Los sistemas de virtualidad aumentada requieren hacer uso de tecnologías de seguimiento y registro de los objetos reales.
Categoría	Características
Realidad mixta	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Modula las cualidades de la realidad aumentada y virtualidad aumentada.</i> - <i>La realidad mixta genera espacios en los que interactúan, se yuxtaponen y median las entidades reales y las entidades virtuales.</i>

	- <i>Presentar un sistema de realidad mixta requiere hacer uso de dispositivos que sean capaces de modular las entidades físicas y digitales.</i>
Realidad extendida	- <i>Aglutina las cualidades de la realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual.</i> - <i>Se “extiende” más allá del continuo de virtualidad.</i> La visión con la que se construyen los sistemas de realidad extendida no se limita al uso exclusivo de las tecnologías de virtualidad, sino que es una visión general que contempla el uso de cualquier otro tipo de tecnología informática siempre y cuando ayude a cumplir los objetivos para los cuales se construye el sistema. - <i>Busca la multiexperiencia.</i> Contempla el uso de la interacción multitáctil, multisensorial y multimodal a través de una gran oferta de dispositivos físicos (computadoras, tabletas, celulares, HMD, etc.) y puntos de contacto (VR, AV y AR) con el fin de generar la mejor experiencia para el usuario.

Nota. Elaboración propia.

2.7 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de realidad (realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual)

Por sus características, las tecnologías de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual resultan útiles en múltiples áreas del desarrollo humano, aunque también tienen una serie de inconvenientes aún pendientes por resolver. Se presentan a continuación sus principales ventajas y desventajas.

Ventajas

- *Actualización e imagen.* Estar actualizado en cuanto al uso de las tecnologías ayuda a resolver, realizar y presentar proyectos de una forma enriquecida tanto técnica como estéticamente.
- *Experiencia multisensorial.* Vinculado al punto anterior, las tecnologías de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual estimulan diferentes sentidos (vista, oído e incluso tacto), lo que despierta la sensibilidad de quien las experimenta.

Cabe señalar que la virtualidad permite controlar y manipular el entorno y los objetos de una manera que sería imposible en la realidad (experiencia individual controlada).

- *Comprensión de espacios y contenidos.* Las tecnologías de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual generan espacios controlados. Estudios de caso como los que realizaron Fast-Berglund et al. (2018) demuestran que la realidad virtual mejora la presentación y la comprensión de contenidos por parte de los usuarios.
- *Eliminan los límites espaciotemporales.* Al respecto, Royo (2004) expone algunas características espaciotemporales que se encuentran en el ciberespacio (y, por lo tanto, en las tecnologías de VR, AR y AV) y que suponen una ventaja respecto a las herramientas de diseño tradicional: lo multicrónico, que hace referencia a la capacidad de poder reutilizar recursos de proyectos generados y almacenados en el pasado; la reversibilidad, que es la facilidad con la que se pueden volver pasos “hacia atrás”, ya sea permitiendo corregir un modelo tridimensional o dirigiendo de otra manera un proyecto, pero sin la necesidad de volver a empezar desde cero; y la globalidad, que hace referencia a que el espacio virtual funciona por medio de redes interconectadas que trabajan y presentan proyectos en conjunto a cualquier hora y desde cualquier punto geográfico del planeta.
- *Colaboración.* Las tecnologías de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual pueden ser utilizadas para mejorar el trabajo entre las personas que participan en el desarrollo de un proyecto.

Desventajas

- *Problemas técnicos asociados a los dispositivos empleados.* Los sistemas de realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual se ven condicionados por las capacidades y deficiencias de los dispositivos eléctricos necesarios para su funcionamiento.

- *Posibles problemas de ergonomía y comodidad en el uso de los dispositivos de acceso.* Este problema se genera por la necesidad de espacio y luz tanto para el movimiento como para la detección de los sensores.
- *Potenciales problemas de visualización.* El problema de visualización más común es la duplicación de las imágenes, producida por dos fenómenos: el emborronamiento de imágenes (desenfoque de movimiento) y la estroboscopia (percepción de múltiples copias de una imagen al mismo tiempo). Otro problema es el “efecto de puerta de pantalla”, que ocurre en algunos dispositivos *head-mounted display* en los que su resolución hace que el mundo virtual se vea como a través de una malla.
- *Reducción del campo de visión.* Para acceder a la realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual se necesita un mediador, que generalmente es un dispositivo electrónico cuya pantalla limita el campo de visión del usuario por su forma y sus medidas.
- *Costos.* La realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual hacen uso de tecnologías cuyos costos pueden ser altos, sobre todo si se utilizan tecnologías de acceso especializadas. Por ejemplo, en un sistema de realidad virtual, la forma más básica de iniciar una experiencia no inmersiva es por medio de dispositivos móviles como *smartphones* y *tablets*. Para una experiencia semi-inmersiva, se requiere hacer uso de dispositivos más costosos como computadoras, *virtual reality headsets* y periféricos básicos (como el uso de mandos). Finalmente, para una experiencia inmersiva total, se necesitan dispositivos periféricos especializados de última generación como caminadoras omnidireccionales, guantes y trajes hápticos. No obstante, como menciona Sidani (2021), las tecnologías de virtualidad cada vez se vuelven más accesibles para el consumidor.

2.8 Aplicaciones de los tipos de virtualidad

En general, las aplicaciones para los sistemas de virtualidad han proliferado. La realidad virtual es la tecnología de virtualidad con una mayor cantidad y variedad de aplicativos y dispositivos en el mercado. En cuanto a la realidad aumentada, se puede decir, que es la

tecnología de virtualidad que está experimentando un mayor crecimiento debido a la posibilidad que tienen las personas de adquirir sus dispositivos de acceso móviles (*tablets* y *smartphones*). Por último, es importante mencionar que la virtualidad aumentada, por ser la tecnología de virtualidad más reciente, aún se encuentra en una etapa de desarrollo. A continuación, se presentan en orden alfabético las aplicaciones de virtualidad más comunes de acuerdo con la información que presentan Tony O'Driscoll, Karl M. Kapp (2009) y Javier Luque (2020):

- **Avatar y personaje virtual.** Los avatares y personajes virtuales son identidades que crea o escoge un usuario para que lo representen e identifiquen en el mundo virtual. Los tipos de virtualidad en que se pueden implementar son: *realidad aumentada*, *virtualidad aumentada* y *realidad virtual*.

Figura 2.9 Creación de avatar para perfil Meta usando Meta Quest



Nota. El software de las gafas Meta Quest permite editar un avatar con el cual se puede interactuar en diversas aplicaciones como Horizon Worlds. Obtenido de xmetaverso [imagen], por <https://www.xmetaverso.com/avatar-del-metaverso-crea-tu-identidad-virtual-y-unete-a-la-proxima-era-digital>

Figura 2.10 Personajes virtuales de videojuego para Elder Ring



Nota. Elder Ring, así como muchos otros videojuegos de gráficos tridimensionales no inmersivos, permite seleccionar un personaje, con opciones de edición preestablecidas para iniciar una aventura. Elaboración propia [Captura de pantalla del videojuego original].

- **Cinematía y secuencia.** Las cinemáticas y secuencias son un conjunto de cuadros o *frames* que se presentan de forma sucesiva para dar la ilusión de movimiento. Es importante mencionar que existe un tipo de secuencia llamada interactiva, en la cual el usuario puede interactuar para desencadenar una serie de eventos. Los tipos de virtualidad en el que normalmente se implementan son: *realidad aumentada*, *virtualidad aumentada* y *realidad virtual*.

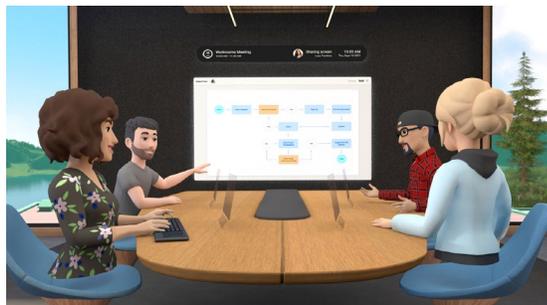
Figura 2.11 Cinematía inmersiva *Invasión!*



Nota. *Invasión!* Es una cinematía inmersiva desarrollada para las gafas Meta Quest; fue creada por los estudios Obab y ganó un premio Emmy. Narra la historia de una invasión alienígena que es detenida por un conejo. Elaboración propia [Captura de pantalla de la cinematía original].

- **Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual.** Son términos que se utilizan para referirse a una amplia variedad de espacios virtuales en donde las personas interactúan entre sí (generalmente por medio de un avatar). Un ejemplo de cuartos virtuales son los *work rooms*, cuartos diseñados para el trabajo colaborativo en donde se intercambian ideas, exponen temas, comparten presentaciones, etc. Los tipos de virtualidad en el que normalmente se implementan son: *virtualidad aumentada* y *realidad virtual*.

Figura 2.12 Cuarto virtual de trabajo Horizon Workrooms



Nota. Workrooms es una aplicación desarrollada por Meta Platforms para Meta Quest en la que los usuarios tienen reuniones de trabajo a distancia mediante avatares [Captura de pantalla], del sitio de YouTube oficial de Meta Quest, 2022, <https://www.youtube.com/watch?v=lgj50IxRrKQ>

Los cuartos y las salas virtuales son espacios que también pueden ser dedicados al entretenimiento, ya sea para conocer gente nueva, ver una película, jugar o pasar un rato agradable con familiares y amigos. Un ejemplo de cuartos de entretenimiento son los llamados *escape rooms*, habitaciones virtuales en donde se deben encontrar pistas, solucionar enigmas y/o armar rompecabezas para ir avanzando en una trama.

Figura 2.13 Cuarto virtual de entretenimiento *The Room VR: A Dark Matter*



Nota. *The Room VR: A Dark Matter* es un juego desarrollado por Fireproof Games para diversas plataformas, como Meta Quest. El juego *The Room VR* utiliza cuartos virtuales para presentarle al jugador una serie de *puzzles* que tiene que ir resolviendo para ir avanzando en la trama. Elaboración propia [Captura de pantalla del juego original].

Finalmente, los mundos virtuales están diseñados para que los usuarios exploren el entorno e interactúen con otros residentes para hacer muchos tipos de actividades como participar en minijuegos, construir edificaciones, crear objetos, intercambiar productos virtuales, entre otros. El tipo de virtualidad en el que normalmente se implementa es la *realidad virtual*.

Figura 2.14 Mundo virtual *Second Life*



Nota. *Second Life* es una plataforma lanzada en 2003 y desarrollada por Linden Lab a la que se accede gratuitamente a través de internet. En dicha plataforma el usuario explora el mundo virtual, interactúa con otros residentes y participa en diversas actividades de manera individual y colectiva. Obtenido de Xataka [Imagen], <https://www.xataka.com/aplicaciones/he-vuelto-a-second-life-despues-15-anos-esta-ha-sido-mi-experiencia>

- **Escena, escenario virtual 3D y objetos 3D interactivos.** Las escenas virtuales presentan un escenario, ya sea real o virtual, que contiene objetos tridimensionales. Generalmente, se utilizan para hacer renderizaciones, aunque también se presentan objetos con los cuales tener interacción. Los tipos de virtualidad en los que normalmente se implementan son: *realidad aumentada*, *virtualidad aumentada* y *realidad virtual*.

Figura 2.15 Ejemplo de escena virtual en realidad aumentada



Nota. Escenario para celular presentado mediante el *software* Adobe Aero, el cual permite a los diseñadores y comunicadores visuales crear experiencias en realidad aumentada sin la necesidad de tener que programar [Captura de pantalla], del video del sitio oficial de Adobe, 2023, <https://www.adobe.com/mx/products/aero.html>

- **Gemelo digital (digital twins) y simulación.** Las simulaciones son desarrolladas con el objetivo de imitar las sensaciones y experiencias que llegan a generarse en el mundo real. Existen muchos tipos de simuladores, por ejemplo, los simuladores de conducción para el pilotaje y navegación de vehículos. También están los simuladores para el manejo de equipos e instrumentos, los simuladores de construcción, entre otros.

Los gemelos digitales son similares, réplicas o equivalentes virtuales de un objeto, proceso o servicio del mundo real. Normalmente los gemelos digitales forman parte de simulaciones que quieren aproximarse a la realidad (al menos en alguno de sus

aspectos). Los tipos de virtualidad en los que normalmente se implementan son: *virtualidad aumentada y realidad virtual*.

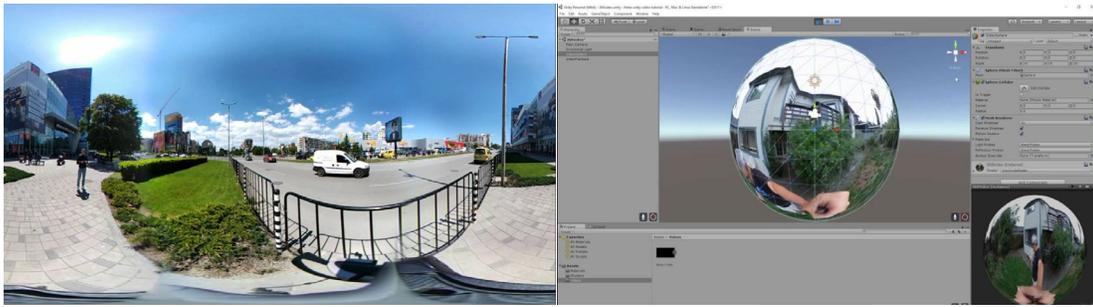
Figura 2.16 *Simulador de pesca Real VR Fishing*



Nota. Real VR Fishing es un juego y simulador de pesca cuyos gráficos y mecánicas permiten generar una experiencia realista para el usuario. Elaboración propia [Captura de pantalla del videojuego original].

- **Imagen y video 360°.** Tanto la imagen como el video 360° se presentan en un espacio virtual tridimensional desde una ubicación o un punto de observación específico, el cual le permite al usuario girar la vista en cualquier dirección para observar. Los tipos de virtualidad en los que normalmente se implementan son: *virtualidad aumentada y realidad virtual*.

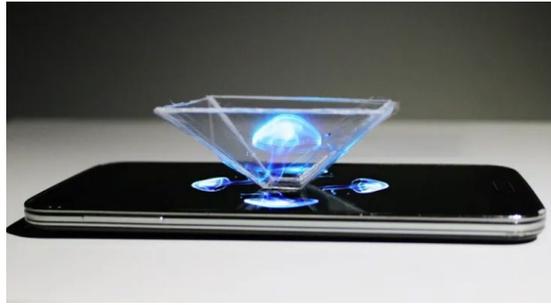
Figura 2.17 Ejemplo de imágenes 360°



Nota. (Izquierda) Ejemplo de imagen HDRI desplegada. (Derecha) Esfera con una imagen HDRI como textura, cuyo centro tiene una cámara que le permite al usuario ver la imagen en todas las direcciones. Elaboración propia [Imágenes].

- **Holografía / Escenario holográfico, holodeck (holocubierta) y proyección holográfica.** La holografía es un sistema que reproduce la imagen tridimensional de un objeto para que sea vista desde múltiples ángulos. La técnica consiste en proyectar un haz de luz en diferentes ángulos para formar patrones de zonas oscuras y brillantes, de esta manera se emite la información visual que genera el holograma. Si bien la virtualidad y la holografía son dos conceptos relacionados con la representación de objetos y entornos tridimensionales de forma no física, su desarrollo y esencia son diferentes. Las tecnologías de virtualidad generan entornos u objetos para ser presentados en pantalla; en cambio, la holografía utiliza la tecnología para generar interferencias de luz y realizar así una proyección.

Figura 2.18 Ejemplo de holografía básica



Nota. Proyector Holograma 3D Vyomy es una aplicación desarrollada por TVK Gallery que describe en pasos simples y sencillos como convertir cualquier smartphone en un proyector de hologramas.

Obtenido de Google Play [Imagen], por

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vyom.hologramprojector&hl=es_MX&pli=1

- **Metaverso.** Es una red interconectada de entornos de virtualidad en tres dimensiones en donde los humanos interactúan e intercambian experiencias. En un sentido más amplio, el metaverso es un universo de entornos de virtualidad interconectados, experiencias multidimensionales de uso y aplicaciones de internet en su conjunto.

En el metaverso, se puede tener acceso a tours, recorridos virtuales, videojuegos, y simulaciones, por ejemplo, pero también a aplicaciones que no necesariamente están pensadas para los espacios virtuales en tres dimensiones como los sitios y las páginas web o los *social media* (blogs, contenido multimedia y redes sociales). El tipo de virtualidad en el que normalmente se implementa es la *realidad virtual*.

Figura 2.19 Metaverso Horizon Worlds



Nota. Horizon Worlds es un metaverso gratuito de realidad virtual desarrollado por Meta Platforms al que se accede mediante Meta Quest o su aplicación oficial de computadora. Horizon Worlds cuenta con un sistema de creación de mundos, juegos, comunidades y eventos, entre otros, permitiéndole a sus usuarios explorar, interactuar y crear. Elaboración propia [Captura de pantalla de la aplicación original].

- **Texto-basado (text-based).** Son mundos imaginados que parten de una descripción textual (de personas, lugares y cosas), en donde se asume un rol (también asignado) y se interactúa con otras personas para lograr un objetivo. Los *text-based* no se consideran aplicativos virtuales, sino más bien precursores de dichos sistemas.

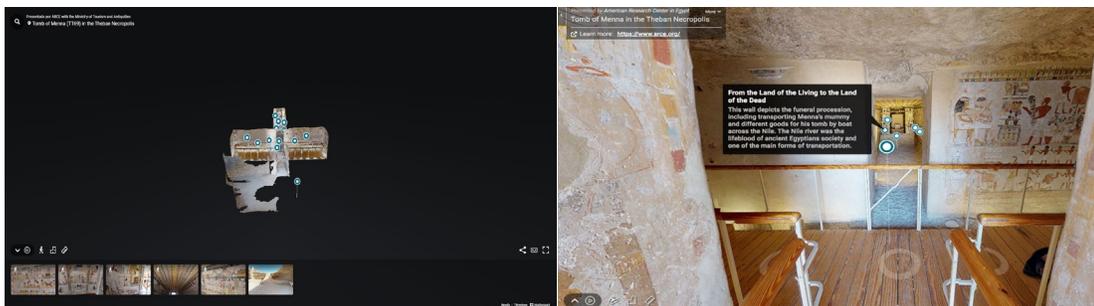
Figura 2.20 Ejemplo de text-based



Nota. Ejemplo de una aventura de texto en donde la persona debe imaginarse la situación planteada e interactuar escribiendo a través de un teclado. Obtenido de Machine Learning Center [Imagen], por <https://mlatgt.blog/2019/06/13/playing-text-adventure-games-with-an-ai/>

- **Tour y recorrido virtual tridimensionales.** Los tours y recorridos virtuales tridimensionales son itinerarios constituidos en espacios virtuales que pueden ser recorridos. De esta forma, le permiten al usuario desplazarse de un punto a otro, de una escena a otra, ya sea para realizar una acción o recibir información. Los tipos de virtualidad en que normalmente se implementan son: *virtualidad aumentada* y *realidad virtual*.

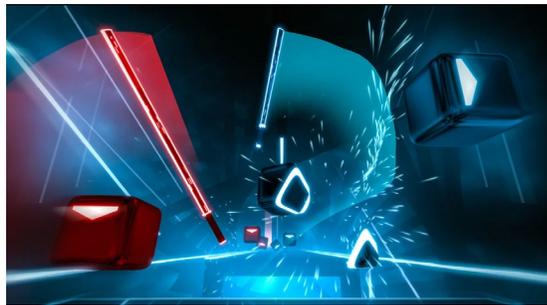
Figura 2.21 Ejemplo de recorrido virtual



Nota. Recorrido virtual de la tumba de Menna presentado en 2020 por el Ministerio de Turismo y Antigüedades de Egipto con el objetivo de que las personas pudieran visitar los yacimientos arqueológicos egipcios durante el confinamiento por la pandemia del Covid-19. Obtenido de ARCE [Imágenes], <https://my.matterport.com/show/?m=vLYoS66CWpk>

- **Videojuegos y gamificación (ludificación).** Los videojuegos de tipo educativo son juegos electrónicos orientados a generar experiencias de aprendizaje sobre una temática. La gamificación es una práctica educativa que consiste en aplicar las mecánicas de los videojuegos en los recursos para la enseñanza-aprendizaje. Los tipos de virtualidad en el que normalmente se implementan son: *realidad aumentada*, *virtualidad aumentada* y *realidad virtual*.

Figura 2.22 Videojuego Beat Saber



Nota. Beat Saber es un videojuego de ritmo de realidad virtual, desarrollado por el estudio Beat Games en donde los jugadores deben cortar bloques flotantes de manera sincronizada. Elaboración propia [Captura de pantalla de la aplicación original].

Cabe señalar que las tecnologías de virtualidad tridimensionales han modificado gradualmente los procesos educativos. En la actualidad, se están desarrollando modelos semipresenciales para el aprendizaje (en inglés *blended learning* o *b-learning*) que buscan combinar el trabajo presencial en el aula con el uso de las tecnologías. Su principal objetivo es que las personas controlen algunos factores de acceso a la información (como el lugar, momento y/o espacio de trabajo) que puedan influir para alcanzar un conocimiento significativo.

Las teorías educativas que fueron desarrolladas en siglos pasados (conductismo, cognitivismo, constructivismo) se han transformado para poder integrar los nuevos medios digitales y las posibilidades que estos brindan a la educación, lo que ha llevado a plantear nuevas propuestas teóricas para su integración de cara a mejorar los procesos de aprendizaje.

2.9 Tecnología de acceso a los tipos de virtualidad

En este apartado se presentan los conceptos básicos, los tipos y las características de las tecnologías de acceso a los distintos tipos de virtualidad de acuerdo con lo que plantean Martínez (2011), Firtman (2010), Luque (2020):

Dispositivos de acceso

- ***Pantalla montada en la cabeza (head-mounted display - HMD)***. También llamados cascos avanzados de virtualidad, son dispositivos de visualización que se montan en la cabeza, como si fueran cascos o gafas, con la finalidad de situar cerca de los ojos una pantalla en donde se reproducen imágenes creadas por ordenador, lo cual permite seguir los movimientos de cabeza del usuario abarcando su campo de visión. Se describen a continuación tres tipos de HMD.
 - *Pantalla de realidad virtual montada en la cabeza (virtual reality head-mounted display)*. Este tipo de dispositivos reduce al mínimo el campo de visión de los usuarios respecto al mundo real para que su influencia sea mínima. Su objetivo es lograr la inmersión total del usuario para que solo perciba el contenido que se le presenta en pantalla.

Figura 2.23 HMD Pico 4, desarrollados por ByteDance



Nota. Los HMD de realidad virtual *Pico 4* se presentaron al público en 2022. Se caracterizan por ser los primeros lentes de realidad virtual comerciales que utilizan lentes curvos, llamados *pancake*, en lugar de lentes fresnel. Obtenido del sitio web oficial *PICO* [Imagen], <https://www.picoxr.com/es/products/pico4>

- *Pantalla de realidad aumentada montada en la cabeza (augmented reality head-mounted displays).* Este tipo de dispositivos tiene como objetivo que los usuarios vean, a través de una pantalla, tanto el entorno real como los objetos virtuales.

Figura 2.24 HMD *Xiaomi Wireless AR Glass Discovery Edition* desarrollados por *Xiaomi Corporation*



Nota. El prototipo HMD de realidad aumentada llamado *Xiaomi Wireless AR Glass Discovery Edition* se presentó por primera vez en el *Mobile World Congress (MWC -2023)*. Su principal característica es su sistema de interacción por medio de microgestos. Obtenido del sitio de YouTube oficial *Xiaomi* [Captura de pantalla], https://www.youtube.com/watch?v=_B5Zgyq4EfM

- *Pantallas montadas en la cabeza que combinan la realidad virtual y la realidad aumentada.* Este tipo de dispositivos HMD permite cambiar/mediar entre la realidad virtual y la realidad aumentada.

Figura 2.25 HMD Apple Vision Pro desarrollados por Apple Inc.



Nota. El Apple Vision Pro es un dispositivo que fue presentado en la Apple Worldwide Developers Conference de 2023 y fue descrito como una space computer en la cual los medios digitales se integran con el mundo real. Obtenido del sitio web oficial Apple [Imágenes], <https://www.apple.com/apple-vision-pro/>

Cabe señalar que actualmente las marcas comerciales más importantes están buscando desarrollar dispositivos HMD que combinen los distintos tipos de virtualidad (realidad aumentada, virtualidad aumentada, realidad virtual) para aprovechar sus cualidades.

- **Computadora de escritorio.** Son equipos electrónicos diseñados para realizar una tarea específica desde una ubicación fija. Las partes internas básicas de una computadora de escritorio son:
 - *Gabinete.* Es el almacén que contiene los componentes.
 - *Tarjeta madre (motherboard).* Sirve como centro de conexión y gestor de las demás partes.
 - *Procesador.* Es el encargado de realizar las operaciones lógicas.
 - *Memoria RAM (random access memory).* Sirve para almacenar de forma temporal los datos que utilizan los programas.
 - *Tarjeta gráfica.* Dedicada al procesamiento de vídeo e imágenes.
 - *Tarjeta de conexión wifi y bluetooth.* Ambas tarjetas permiten crear redes inalámbricas que se utilizan para conectar y sincronizar dispositivos entre sí. Mientras que la tarjeta de conexión *wifi* suele emplearse para dar conexión

a internet, la tarjeta *bluetooth* se emplea para conectar periféricos y/o dispositivos.

- *Fuente de alimentación.* Proporciona la energía eléctrica para el funcionamiento de los componentes.

Los dispositivos periféricos de las computadoras de escritorio más destacados son; el monitor de tamaño grande (que va de entre las 17 y 32 pulgadas), el teclado, el ratón, el micrófono, la cámara y las bocinas.

Cabe señalar que debido a que las computadoras de escritorio son dispositivos fijos suelen carecer de sensores de navegación (acelerómetro, giroscopio y GPS), lo que las hace poco eficientes para realizar los mapeos y seguimientos que normalmente requieren los aplicativos de realidad aumentada.

Figura 2.26 Computadora de escritorio Mac Pro desarrollada por Apple Inc



Nota. La Mac Pro es una computadora de escritorio de alto rendimiento que permite realizar los trabajos profesionales más exigentes con eficiencia. Obtenido del sitio web oficial Apple [Imágenes], <https://www.apple.com/mx/mac-pro/>

- **Computadora portátil (laptop).** Son equipos electrónicos similares a las computadoras de escritorio. Cuentan con los mismos componentes internos y los mismos dispositivos periféricos, solo que se encuentran integrados dentro de una carcasa (*case* del equipo).

Las computadoras portátiles destacan por que pueden ser trasladadas de un lugar a otro fácilmente, debido a sus componentes pequeños y ligeros.

Cabe señalar que estos dispositivos cuentan con una pantalla de tamaño medio, de las 13 a las 18 pulgadas.

Figura 2.27 Laptop MacBook Air desarrollada por Apple Inc



Nota. La Macbook Air es una computadora portátil delgada de peso ligero que es ideal para trabajar. Obtenido del sitio web oficial Apple [Imágenes], <https://www.apple.com/mx/macbook-air-13-and-15-m2/>

- **Teléfono inteligente (smartphone).** Son dispositivos electrónicos diseñados para realizar múltiples tareas. Cuentan con los mismos componentes internos que una computadora y se distinguen por su pequeño tamaño y su capacidad para gestionar llamadas de telefonía.

Tiene una pantalla táctil que va de las 3 a las 7 pulgadas, la cual cubre una de las caras del dispositivo y un sistema de navegación (acelerómetro, giroscopio, sistema de posicionamiento global o GPS) que detecta la posición y la localización del equipo. Los *smartphones* son dispositivos ideales para desarrollar y visualizar aplicaciones en realidad aumentada, ya que sus cámaras permiten reconocer el mundo real y los sensores del sistema de navegación ayudan a detectar los activadores y marcadores que indican cuándo, dónde y cómo se presentarán los objetos virtuales.

Figura 2.28 Smartphone iPhone 14 desarrollado por Apple Inc



Nota. El iPhone 14 es un teléfono inteligente que presenta un tamaño de pantalla de 6.1 y 6.7 pulgadas. Obtenido del sitio web oficial Apple [Imagen], <https://www.apple.com/mx/iphone-14-pro/>

- **Tableta digital (tablet).** Son dispositivos electrónicos portátiles cuyos componentes y características son similares a la de los teléfonos inteligentes, aunque se distinguen de ellos porque tienen un tamaño de pantalla medio (de las 7 a las 13 pulgadas) y carecen de un sistema de telefonía.

Figura 2.29 Tablet iPad Pro desarrollada por Apple Inc



Nota. El iPad es una tableta digital que presenta un tamaño de pantalla de 11 y 12.9 pulgadas. Obtenido del sitio web oficial Apple [Imagen], <https://www.apple.com/mx/ipad-pro/>

Dispositivos periféricos y tecnologías adicionales

- **Visores de realidad virtual (virtual reality headset – VRH).** También son conocidos como cascos de realidad virtual y gafas de realidad virtual, aunque quizá no es la

forma más conveniente de referirse a ellos, ya que popularmente dichos términos se utilizan de forma indistinta para nombrar tanto a los *virtual reality headset* como a los *head-mounted display*. Otro término con el cual también se conoce a los VRH es el de auriculares de realidad virtual, aunque por etimología tampoco es una forma precisa de llamarlos. En cuanto a su descripción general, los *virtual reality headset* son dispositivos periféricos utilizados para acceder a la realidad virtual, cuya característica distintiva es que no cuentan con un sistema operativo propio. Actualmente, en el mercado, existen al menos dos tipos de VRH que varían en función de su rango de precio y por ende de sus características:

- *Visores de realidad virtual de gama baja*. Cuentan con dos lentes separados en ángulos diferentes para cada ojo, lo cual consigue simular una falsa profundidad (efecto de paralaje). Normalmente, están hechos de plástico o cartón, lo que los hace muy económicos. Cuentan con un soporte para colocar un teléfono inteligente, el cual actúa como sistema de los VRH.

Figura 2.30 VRH de gama baja para celular Google Cardboard



Nota. Google Cardboard es una plataforma descontinuada desarrollada por Google. La plataforma fue nombrada igual que el visor de cartón que hasta el día de hoy sigue utilizándose, sobre todo para ver videos 360° o jugar videojuegos sencillos. Obtenido del sitio web Xataka [Imagen], <https://www.xataka.com/seleccion/guia-compra-gafas-realidad-virtual-16-modelos-para-todas-expectativas-necesidades-presupuestos>

- *Visores de realidad virtual de gama alta.* Son dispositivos periféricos que cuentan con una pantalla propia y tienen la capacidad de conectarse a una computadora, *tablet*, *smartphone* u otros dispositivos de alto rendimiento. En este caso, los VRH actúan como el medio de visualización, mientras que los dispositivos a los que van conectados actúan como sistema operativo.

Figura 2.31 VRH de gama alta PlayStation VR



Nota. Los PlayStation VR están diseñados para conectarse a la consola PlayStation 5, que actúa como sistema operativo. Obtenido del sitio web oficial de PlayStation [Imagen], <https://www.playstation.com/es-mx/ps-vr/>

- ***Caminadora omnidireccional / Plataforma omnidireccional.*** Son dispositivos que le permiten al usuario superar sus límites de desplazamiento en espacios cerrados simulando las acciones de caminar o correr en las cuatro direcciones (al frente, atrás, izquierda y derecha). Cuentan con uno o varios arneses que soportan el peso del usuario mientras está sujeto, por medio de un brazo, a una base circular cóncava. Para utilizar este tipo de dispositivos es necesario utilizar unos zapatos especiales que hacen que al terminar de caminar o correr los pies del usuario se resbalen y vuelvan al centro de la superficie cóncava.

Figura 2.32 Plataforma omnidireccional Omni One desarrollado por Virtuix



Nota. Omni One es una plataforma omnidireccional y periférica para videojuegos de realidad virtual. Obtenido del sitio web oficial de Omni One [Imagen], por, <https://omni.virtuix.com/>

- **Guantes hápticos.** Son dispositivos que permiten “tocar” los objetos digitales como si estuvieran en el mundo físico. La idea de los guantes hápticos es simular la sensación, en las manos y en los dedos, de cuando se toca algo, imitando la nitidez e imprecisión de sus bordes, la suavidad o la rugosidad de su superficie y sus posibles vibraciones.

Figura 2.33 Guantes hápticos para realidad virtual y realidad aumentada



Nota. En 2021, Meta compartió detalles de su investigación sobre los guantes hápticos, los cuales se prevé podrán reproducir una variedad de sensaciones complejas para crear el efecto de estar tocando un objeto virtual con las manos. Obtenido del sitio web oficial de Meta [Imagen], <https://tech.facebook.com/reality-labs/2021/11/inside-reality-labs-meet-the-team-thats-bringing-touch-to-the-digital-world/>

- **Mandos/Controladores.** Los mandos o controladores son dispositivos de entrada utilizados para que el usuario interactúe con las entidades que se presentan en la interfaz. Normalmente, llevan botones, gatillos, palancas (*joysticks*) o crucetas y son de tipo analógico o digital. En el mercado, existe una gran variedad de mandos físicos diseñados para cumplir una función específica.

Figura 2.34 Controladores para Meta Quest 2



Nota. En general, los *head-mounted display* comerciales utilizan un controlador para cada mano con el cual se puede navegar e interactuar. Obtenido del sitio web oficial de Meta [Imagen], [https://www.meta.com/quest/products/quest2/?utm_source=www.google.com&utm_medium=oculus_redirect](https://www.meta.com/quest/products/quest2/?utm_source=www.google.com&utm_medium=oculus	redirect)

Figura 2.35 Volantes y pedales Logitech G29 Driving Force



Nota. El volante y los pedales de Logitech son mandos que están diseñados para ofrecer una experiencia que se ajusta a la sensación de estar conduciendo un auto de verdad. Obtenido del sitio web oficial de Logitech [Imagen], <https://www.logitechg.com/es-mx/products/driving/driving-force-racing-wheel.html>

3. ENTORNOS Y OBJETOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE

Los entornos y los objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje son herramientas educativas con las cuales los estudiantes exploran e interactúan para ampliar su conocimiento y desarrollar sus habilidades y actitudes. Para entenderlo mejor, el presente capítulo inicia exponiendo el concepto de objetos de aprendizaje, así como su estructura y los fundamentos teóricos para su construcción; después, se abordan los entornos virtuales de aprendizaje, todo desde la óptica de las tecnologías de virtualidad. Una vez expuestas las bases de lo que significan los entornos y los objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje es importante conocer los criterios de diseño para su realización y las formas en que pueden ser evaluados. El capítulo concluye presentando las áreas esenciales a considerar para realizar los entornos y los objetos, así como el software que comúnmente se utiliza para cumplir dicho propósito.

3.1 Objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje

El concepto objeto de aprendizaje (OA) fue creado por Wayne Hodgins después de ver jugar a su hijo con piezas de LEGO y relacionar dicho proceso con la necesidad de los estudiantes por tener piezas de aprendizaje fácilmente operables, es decir, que se puedan acoplar, desacoplar e intercambiar a voluntad para desarrollar nuevas creaciones o utilizarlas en distintas temáticas a las que originalmente estaban orientadas. Bajo esa idea, Hodgins propone, en 1994, las llamadas arquitecturas de aprendizaje y ayuda a crear el Learning Objects Working Group en donde se aborda el tema de los objetos de aprendizaje. En 1998, el Learning Technology Standards Committee (LTSC) del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) publica un documento, tipo borrador, que contiene un estándar de metadatos y una de las definiciones más aceptadas sobre los objetos de aprendizaje (IEEE, 2023):

Un objeto de aprendizaje es cualquier entidad, digital o no-digital, que puede ser reutilizada o referenciada por la tecnología para apoyar el aprendizaje.

Para Hodgins (2000), el objeto de aprendizaje es:

Una colección de objetos de información ensamblada usando metadatos para corresponder a las necesidades y personalidad de un aprendiz en particular. Múltiples objetos de aprendizaje pueden ser agrupados en conjuntos más grandes y anidados entre sí para formar una infinita variedad y tamaños.

Mason et al. (2003) proponen que un objeto de aprendizaje es:

Una pieza digital de material de aprendizaje que direcciona a un tema claramente identificable o salida de aprendizaje y que tiene el potencial de ser reutilizado en diferentes contextos

Aguilar et al. (2004) mencionan que un objeto de aprendizaje es:

Cualquier recurso digital que pueda ser reutilizado para apoyar el aprendizaje

Mientras que para Morales et al. (2005) un objeto de aprendizaje representa:

La unidad mínima de aprendizaje con sentido pedagógico

Las definiciones anteriores plantean que los objetos de aprendizaje son estructuras tecnológicas que están diseñadas para contribuir de alguna forma con los procesos formativos o están posicionados en situaciones para perseguir dicha finalidad; sin embargo, parten de una visión general (la metáfora del LEGO de Wayne Hodgins) que hace pensar que los objetos de aprendizaje tienen una estructura simple. Nada más lejos de la realidad, pues su creación refleja el área y el planteamiento teórico desde el cual surgen para responder a un propósito o finalidad que a su vez establece el marco en el que su estructura se genera.

También es importante señalar que, lo que en esta investigación se denomina objeto de aprendizaje, en otras disciplinas, y por lo tanto desde otros enfoques teóricos, tiene otras denominaciones o equivalencias como: "objeto instruccional", "objeto educativo/educacional," "objeto de conocimiento," "objeto inteligente" y "objeto de datos", entre otros (Gibbons et al., 2000). De ahí la importancia de reconocer que el acercamiento a las demás vertientes disciplinares permite crear objetos de aprendizaje,

multidisciplinarios, interdisciplinarios y transdisciplinarios más completos, dentro de la perspectiva actual de la instrucción educativa centrada en los estudiantes.

Ahora bien, para poder entender el concepto de objeto de aprendizaje es necesario presentar su estructura básica. De acuerdo con Álvarez, Muñoz y Chan (2007), los elementos integrales de un objeto de aprendizaje son los siguientes:

Tabla 3.1 Estructura básica de un objeto de aprendizaje

Objeto de aprendizaje	
<p>Teoría</p> <p>Información contenida en el objeto de aprendizaje. Puede ser de tipo auditiva, visual (texto e imagen) o kinestésica. En la teoría, los aprendices encuentran los conceptos del tema abordado.</p>	<p>Experimentación</p> <p>Esta parte contiene los recursos comunicacionales que se activan con las acciones (interacciones) del aprendiz, lo que permite que experimente y reflexione los conceptos abordados en el área de la teoría.</p>
	<p>Evaluación</p> <p>En este apartado se evalúa el conocimiento que el aprendiz adquiere a través de la teoría y la experimentación.</p>
	<p>Información relacionada</p> <p>La información relacionada dirige al aprendiz hacia nueva información y hacia otros objetos de aprendizaje relacionados con el tema.</p> <p>Un ejemplo de recurso que se utiliza para alcanzar dicho propósito es el hipervínculo.</p>

Nota. Elaboración propia.

Los objetos de aprendizaje implican la integración de dos grandes áreas: la tecnológica y la educativa. El área tecnológica dispone de los medios y recursos didácticos digitales para presentar los objetos de aprendizaje, mientras que la parte educativa sienta las bases para

alcanzar un perfil determinado en el aprendizaje mediante la definición de las competencias y el enfoque desde el cual habrá de desarrollarse el objeto de aprendizaje.

Una vez definida la estructura básica de un objeto de aprendizaje se plantean sus características más relevantes de acuerdo con los principios estipulados por Gibbons y Richards (2000), Álvarez et al. (2007) y el modelo SCORM (*shareable content object reference model*-modelo referenciado de objetos de contenido compatible) creado en el año 2000 (DSSC, 2000):

a) Accesibilidad. El modelo SCORM (2000) plantea que los objetos de aprendizaje deben ser accesibles, independientemente del dispositivo de acceso o momento en el que son utilizados.

b) Adaptabilidad/interoperabilidad. Tanto Gibbons y Richards (2000) como Álvarez et al. (2007) mencionan que la adaptabilidad implica que los objetos de aprendizaje deben plantear distintas opciones para que el usuario realice una tarea. De acuerdo con los principios del modelo SCORM (2000), la adaptabilidad complementa a la interoperabilidad, es decir, la capacidad para adaptar los objetos de aprendizaje a otros medios y/o plataformas.

b) Durabilidad. El modelo SCORM (2000) plantea la necesidad de actualizar constantemente los objetos de aprendizaje y así retrasar, en la medida de lo posible, su obsolescencia.

c) Escalable. Gibbons y Richards (2000) mencionan que la escalabilidad es una característica ligada a la parte económica del diseño, lo que implica adaptar los objetos de aprendizaje sin demeritar su calidad o aumentar desproporcionadamente sus costos. Álvarez et al. (2007) señalan que los objetos de aprendizaje, como entidades digitales, deben tener la capacidad de integrarse en entidades más grandes (ampliando su red de significados) o admitir en su interior nuevos componentes que aumenten su tamaño y área de influencia. La escalabilidad es una propiedad que permite planificar los objetos de aprendizaje como si fueran

piezas de construcción que pueden ser adaptadas e integradas para formar un objeto de mayor tamaño y complejidad.

d) Generativos. Gibbons y Richards (2000) mencionan que los objetos de aprendizaje son generativos porque presentan información, pero, sobre todo, porque su finalidad es generar un conocimiento estableciendo un diálogo con el usuario. En la virtualidad, dicho diálogo deriva de la interacción del usuario con un aplicativo, por ejemplo: una escena virtual 3D, un recorrido virtual 3D, un simulador, un videojuego, entre otros.

e) Representacional y significativa. Álvarez et al. (2007) mencionan que los objetos de aprendizaje deben contar con elementos que refieran al mundo real. El objetivo es que el aprendiz tenga una base para llevar a cabo sus significaciones.

f) Reusables. Para Gibbons y Richards (2000), et al. (2007) y el modelo SCORM, la reusabilidad implica poder modificar los objetos de aprendizaje, sin que estos pierdan sus atributos más significativos, para ser utilizados en el mayor número de escenarios posibles.

g) Unitarios. Álvarez et al. (2007) plantean que los objetos de aprendizaje deben contener los componentes necesarios para lograr un aprendizaje.

Por último, Álvarez et al. (2007) proponen que los objetos de aprendizaje deben ser concebidos como componentes de:

- Un diseño instruccional. Contenido en un curso, unidad de curso o una actividad de aprendizaje.
- Un ambiente de aprendizaje. Entendido como el espacio en el que los individuos disponen de los recursos de manera organizada para lograr un propósito de aprendizaje. Cabe mencionar que dichos ambientes también son conformados para que las personas interactúen entre sí.
- Una situación de necesidad de aprendizaje o de enseñanza. Que lleve a la búsqueda de un recurso que cubra dicha necesidad.

- Un acervo en el que se almacenen y se pongan a disposición los objetos de aprendizaje bajo algún criterio de valor.
- Un sistema previsto para la acumulación y el intercambio.

3.2 Fundamento teórico para la construcción de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje

El aprendizaje es el proceso por el cual la información se transforma en conocimiento mediante su presentación, transmisión y movimiento en múltiples medios y direcciones, viajando de un lugar a otro para que las personas tomen decisiones efectivas, desarrollen conocimientos más profundos sobre una situación particular, completen una tarea dada o por el simple hecho de aprender sobre un tema determinado. En ese sentido, se puede decir que la información es un valor de intercambio en donde las tecnologías se convierten en su mecanismo de acceso y transferencia, mientras que la percepción del individuo es el valor agregado de dicha información.

Precisamente, el avance de la tecnología es lo que obliga a replantear las formas de enseñanza y aprendizaje, siendo las más exitosas aquellas que integran personas, procesos y tecnologías para impulsar la intuición y el conocimiento. Una de las formas de integración más destacadas es la que se impulsa a través de los denominados objetos de aprendizaje, cuyo desarrollo debe partir de un enfoque teórico-pedagógico óptimo (elegido por las instituciones, especialistas e instructores expertos en el área de la educación) que permita alcanzar los objetivos educativos. A continuación, se describen las teorías más utilizadas que, de acuerdo con sus planteamientos, aprovechan las cualidades de las tecnologías de virtualidad en el área educativa.

a) Conductismo

El pensamiento positivista dio origen a la teoría conductista (desarrollada por Watson en 1913) que se implementó en los planes educativos de la década de los sesenta y se extendió

hasta inicios de la década de los setenta. Dicha teoría se enfoca en el estudio de los factores que ayudan a determinar el comportamiento, a excepción de aquellos que involucran los procesos mentales del individuo (como los sentimientos, la conciencia y la introspección) considerados en aquella época como irrelevantes en los procesos de instrucción dirigidos a los grupos de personas.

En su momento, el conductismo permitió entender el aprendizaje, de una forma lineal, como la presentación de un estímulo para provocar una respuesta. El proceso implica la repetición de una conducta (de entrada) que se retroalimenta hasta que se presenta el comportamiento esperado (conducta de salida).

En la investigación que hacen O'Donohue y Kitchener (1998) se identifican diversos tipos de conductismo, que, con el paso del tiempo, se han ido modificando y que actualmente conviven en el trasfondo de las teorías del comportamiento. Intentar profundizar en cada postura va más allá del objetivo de esta investigación, no obstante, cabe mencionar que es posible distinguir dos tipos de conductismo básico:

- *Conductismo metodológico*. Este tipo de conductismo busca agrupar diversos enfoques que tienen como característica común la mediación, es decir, establecen la observación del comportamiento como fuente de datos exclusivo del campo de la psicología (conductismo como recurso del saber descriptivo-predictivo).
- *Conductismo radical*. Se distingue porque busca comprender las consecuencias del comportamiento y establece, dentro de sus planteamientos, que la conducta de un individuo es susceptible de ser guiada y modificada en una dirección y bajo ciertos principios condicionales.

El enfoque conductista entiende las tecnologías de virtualidad como recursos que se utilizan para transmitir información (o, en el caso del conductismo radical, un recurso para la instrucción) y, en consecuencia, ayudar al usuario a desarrollar capacidades como la atención o la memoria.

Cabe señalar que una de las principales aportaciones de la teoría conductista es el modelo de Benjamin Bloom (1956) que sirve para clasificar las metas educativas y se utiliza para establecer los objetivos de aprendizaje de un proyecto. Los tres dominios del modelo son:

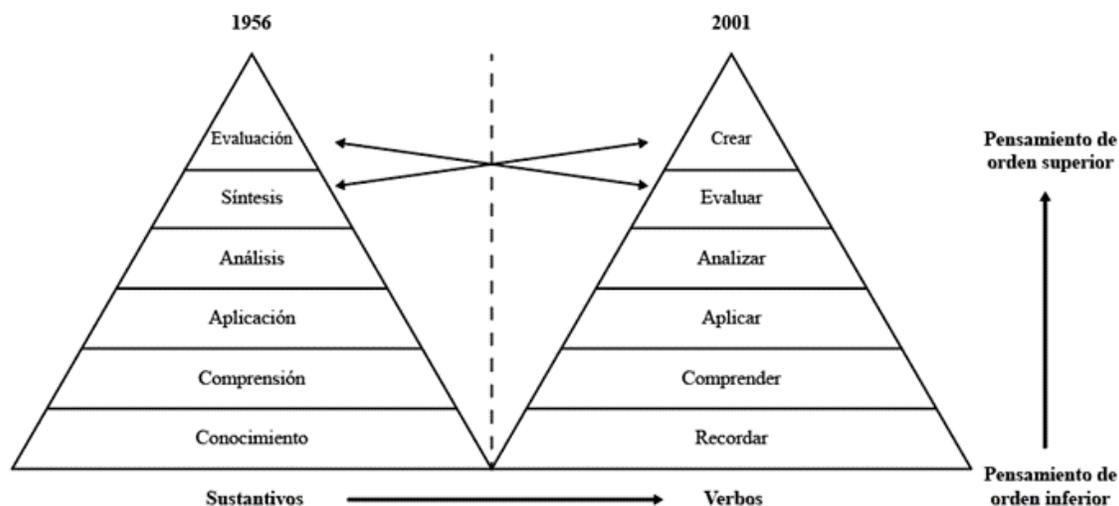
Tabla 3.2 *Dominios del modelo de Bloom para clasificar los objetivos educativos*

Tipo de dominio	Acciones	Descripción
Cognitivo	Aptitudes intelectuales	Implica todo tipo de pensamiento.
Afectivo	Actitudes emocionales y valorativas	Incluye sentimientos, emociones, actitudes, valores y motivaciones. Los niveles dentro del dominio afectivo van desde la conciencia inicial hasta el compromiso con los valores que guían el comportamiento y las decisiones.
Psicomotor	Conductas manipulativas y motoras	Contempla el movimiento físico, la coordinación, las habilidades motoras y sensoriales.

Nota. Elaboración propia.

El dominio más conocido y utilizado del modelo de Bloom (Bloom, 1956) es el cognitivo, el cual es representado mediante una pirámide de seis niveles que se organizan jerárquicamente con base en los objetivos que se cumplen en los procesos de aprendizaje. En el año 2001, los autores Lorin W. Anderson y David R. Krathwohl actualizaron los verbos que representan cada nivel de la pirámide con el fin de lograr una mejor comprensión (Anderson y Krathwohl, 2001). Otra modificación fue considerar el sustantivo de síntesis con un criterio más amplio y relacionarla con el de crear, además se modificó la secuencia en que se presentan las distintas categorías. La siguiente figura muestra la comparación gráfica entre la propuesta original y la taxonomía revisada de Bloom:

Figura 3.1 Comparación gráfica del dominio cognitivo de la taxonomía de Bloom y la propuesta de Anderson y Krathwohl



Nota. En el lado izquierdo de la imagen, se muestra una pirámide que representa los seis niveles del dominio cognitivo de la taxonomía de Bloom. Todos los niveles son presentados con un sustantivo principal que los describe. El nivel base (conocimiento) representa un pensamiento de orden inferior, cuya ascendencia llega hasta el nivel de la punta (evaluación), el cual representa un pensamiento de orden superior. Del lado derecho, aparece la propuesta de Anderson y Krathwohl, la cual muestra la sustitución de los niveles de síntesis y evaluación por los de evaluar y crear respectivamente, asimismo presenta un reemplazo de los sustantivos que definen cada nivel por verbos que reflejan el actuar del individuo. Adaptado de “Anderson and Krathwohl Bloom’s Taxonomy Revised” (p.4) [Diagrama], por Leslie Owen Wilson, 2001.

Recientemente, Andrew Churches (2010) realizó una propuesta de actualización para la taxonomía de Bloom, que mantiene las mismas dimensiones planteadas por Lorin W. Anderson y David R. Krathwohl (2001), pero renueva los objetivos, los procesos y las acciones que surgen del intento de integrar las tecnologías de la información y la comunicación en la vida de las personas. La siguiente tabla muestra, a modo de comparación, ambas propuestas y se subrayan los procesos cognitivos específicos que se repiten.

Tabla 3.3 Revisiones recientes de la taxonomía del dominio cognitivo de Benjamin Bloom para clasificar los objetivos educativos

Taxonomía revisada de Bloom (W. Anderson y David R. Krathwohl) y Taxonomía de Bloom para la era digital (Andrew Churches)		
Dimensión	Objetivos	Procesos cognitivos específicos
Recordar	ANDERSON. Recuperar conocimientos relevantes de la memoria a largo plazo.	ANDERSON. <u>Reconocer</u> , recordar.
	CHURCHES. La recuperación de material es una acción clave, ya que la cantidad de información que existe hace imposible tratar de recordarlo y conservarlo todo.	CHURCHES. <u>Reconocer</u> , listar, describir, identificar, recuperar, denominar, localizar, encontrar, utilizar viñetas (<i>bullet pointing</i>), resaltar, marcar (<i>bookmarking</i>), buscar (en navegadores).
Comprender	ANDERSON. Determinar el significado de los mensajes de instrucción, incluida la comunicación oral, escrita y gráfica.	<u>ANDERSON. Interpretar, ejemplificar, clasificar, resumir, inferir, comparar, explicar.</u>
	CHURCHES. La comprensión permite entender procesos y conceptos pudiendo explicarlos y describirlos. Se refiere a construir significados a partir de diferentes tipos de funciones, sean éstas escritas o gráficas.	CHURCHES. <u>Interpretar, resumir, inferir, parafrasear, clasificar, comparar, explicar, ejemplificar</u> , búsquedas avanzadas y Booleanas, hacer blog periodístico (<i>blog journalism</i>), utilizar redes sociales (<i>social networks</i>), categorizar, etiquetar, comentar, anotar, suscribir.
Aplicar	ANDERSON. Realizar o utilizar un procedimiento durante el desarrollo de una representación o de una implementación.	ANDERSON. <u>Ejecutar, implementar.</u>
	CHURCHES (añade a la propuesta de Anderson). Aplicar se relaciona y se refiere a situaciones donde material ya estudiado se usa en el desarrollo de productos tales como modelos, presentaciones, entrevistas y simulaciones.	CHURCHES. <u>Implementar</u> , desempeñar, usar, <u>ejecutar</u> , correr, cargar, jugar, operar, “hackear” (hacking), subir archivos a un servidor, compartir, editar.
Analizar	ANDERSON. Descomponer el material en sus partes constituyentes (materiales o	ANDERSON. Diferenciar, <u>organizar, atribuir.</u>

	conceptuales) y detectar cómo las partes se relacionan entre sí con una estructura o propósito general.	
	CHURCHES (añade a la propuesta de Anderson). Las acciones mentales de este proceso incluyen diferenciar, organizar y atribuir, así como la capacidad de establecer diferencias entre componentes.	CHURCHES. Comparar, <u>organizar</u> , deconstruir, <u>atribuir</u> , delinear, encontrar, estructurar, integrar, recombinar, enlazar, validar, hacer ingeniería inversa (<i>reverse engineering</i>), “ <i>cracking</i> ”, recopilar información de medios (<i>media clipping</i>) y mapas mentales.
Evaluar	ANDERSON. Hacer juicios basados en criterios y estándares utilizando la comprobación y la crítica.	ANDERSON. Comprobación, criticar.
	CHURCHES (en esta dimensión refiere a los mismos objetivos que Anderson).	CHURCHES. Revisar, formular hipótesis, criticar, experimentar, juzgar, probar, detectar, monitorear, comentar en un blog, revisar, publicar, moderar, colaborar, participar en redes (<i>networking</i>), reelaborar, probar.
Crear	ANDERSON. Juntar elementos para crear un todo novedoso y coherente o crear un producto original.	ANDERSON. Generación, <u>planificación</u> , producción.
	CHURCHES (añade a la propuesta de Anderson). Formar un todo coherente y funcional requiere generar, planear o producir para reorganizar elementos en un nuevo patrón o escritura.	CHURCHES. Diseñar, construir, <u>planear</u> , producir, idear, trazar, elaborar, programar, filmar, animar, bloguear, video bloguear (<i>video blogging</i>), mezclar, remezclar, participar en un wiki (<i>wiki-ing</i>), publicar “ <i>videocasting</i> ”, “ <i>podcasting</i> ”, dirigir, transmitir.

Nota. Elaboración propia.

b) Teorías de la transición

El pensamiento positivista que dominó la década de los sesenta y se extendió hasta inicios de los setenta trajo consigo corrientes que cuestionan la fórmula unilateral causa-efecto. Las teorías de aprendizaje revolucionarias de esa época se conocen como teorías de transición, las cuales, dentro del contexto de la teoría del procesamiento de la información, se convirtieron más adelante en el fundamento central del cognitivismo.

Las teorías de transición trajeron consigo un enfoque en el cual se entiende que el aprendizaje parte de la experiencia. Dentro de ese contexto, el aprendiz toma mayor importancia, pues deja de ser un sujeto pasivo-receptor para convertirse en un procesador activo del registro y organización de la información.

c) Cognitivism

El pensamiento interpretativo impulsó el nacimiento del cognitivismo, que se empezó a gestar en las teorías de la transición. El cognitivismo surge a mediados de la década de los cincuenta, pero toma fuerza a fines de la década de los setenta como evolución y complemento del conductismo. El cognitivismo es una teoría psicológica cuyo objeto de estudio es la conciencia. Ve al individuo como un agente que, deliberadamente, intenta procesar, clasificar y dar sentido a la información que recibe, además de que se enfoca en los mecanismos básicos que le permiten al individuo acceder al conocimiento, desde la percepción, la memoria y el aprendizaje, hasta procesos como la formación de conceptos y el razonamiento lógico. Al respecto, es importante mencionar que el proceso de cognición se entiende como el acto de conocimiento en sus acciones de almacenar, recuperar, reconocer, comprender, organizar y utilizar la información.

En el cognitivismo, al igual que en el conductismo y las teorías de transición, siguió vigente la idea de la “transferencia del conocimiento” que va desde el sujeto que enseña hasta el sujeto que aprende (visión objetiva del conocimiento). Durante el periodo que dominó el cognitivismo, surgen los conceptos de significatividad en el aprendizaje, la orientación hacia el aprendizaje por descubrimiento y el concepto de andamiaje. Este último fue muy importante para el posterior surgimiento del constructivismo, pues plantea que el

instructor debe prestar la ayuda mínima al aprendiz para incentivar en él un mayor grado de independencia y autonomía (Bruner, 2018).

Dentro de la teoría cognitivista surge la idea de la experiencia significativa, la cual sugiere que el individuo establece una conexión relevante y personal con la información que está aprendiendo, lo que permite que dicha información tenga un significado más profundo y duradero. Desde esta perspectiva, se considera que las experiencias personales son un factor clave para facilitar la transferencia de información en el proceso de aprendizaje.

Desde el enfoque cognitivista, las tecnologías de virtualidad se entienden como una serie de herramientas que son implementadas en los procesos de aprendizaje para construir un conocimiento propio a partir de la lógica y la experiencia.

d) Constructivismo

El paso del cognitivismo al constructivismo fue drástico, ya que los métodos y las técnicas de aprendizaje del constructivismo se salen de la concepción objetiva del cognitivismo.

El constructivismo es una teoría que surge a principios de la década de los ochenta y tiene como objeto de estudio la formación del conocimiento. Se caracteriza por apoyar el pensamiento crítico, dar prioridad al aprendizaje sobre la enseñanza y hacer responsables a los individuos de sus propios procesos para alcanzar el conocimiento (Parkay y Hass, 2000)

En términos generales, la teoría constructivista propone que el conocimiento surge de la interacción entre el sujeto y la realidad. Plantea que el individuo debe dar sentido a la información que recibe (del entorno próximo y remoto) tomando como referencia sus propios conocimientos, es decir, el individuo es quien cimienta, transforma, diversifica y ordena sus propios esquemas y procesos mentales para establecer un significado.

Las recientes investigaciones tecnológico-educativas ponen de manifiesto la insuficiencia de construir un objeto virtual de aprendizaje desde un solo enfoque teórico. Los planes educativos actuales plantean la integración del constructivismo con al menos otra de las perspectivas teóricas. Al respecto, las integraciones teóricas más utilizadas en el campo

educativo son el constructivismo cognitivo y el constructivismo de corte social. Dichos planteamientos se describen a continuación (Serrano y Pons, 2011):

- *Constructivismo cognitivo*. Se basa en la psicología y la epistemología genética de Jean Piaget. Propone que las experiencias previas del individuo son la base de nuevas construcciones mentales en una relación directa con el objeto de conocimiento. Desde esta perspectiva, los objetos de aprendizaje se construyen dando prioridad al grado de significación sobre la calidad representativa.
- *Constructivismo de orientación sociocultural (constructivismo social, socio-constructivismo o co-constructivismo)*. Está inspirado en las ideas y los planteamientos de Lev Vygotsky, quien, a su vez, amplía las consideraciones de Piaget. En el constructivismo de orientación sociocultural los objetos se constituyen priorizando la forma en que los individuos construyen significados culturales.
- *Constructivismo vinculado al construccionismo social de Peter L. Berger y Thomas Luckmann (1968) y a los enfoques posmodernos en psicología*. Este enfoque da prioridad a los objetos de conocimiento construidos en las prácticas discursivas (Edwards, 1997) (Potter, 1998).

Las perspectivas anteriores permiten construir objetos de aprendizaje que responden a distintos propósitos. No obstante, el planteamiento común de todas estas teorías, basadas en el constructivismo, es poner al individuo en el centro del proceso de construcción del conocimiento.

Por último, se debe mencionar que, en la teoría constructivista, la tecnología y los medios digitales se presentan como una opción que ayuda al individuo a autoeducarse y trabajar colaborativamente con los demás.

e) Construccionismo

La teoría construccionista, desarrollada por Seymour Papert (1984), retoma el planteamiento de Piaget que señala que el individuo es el constructor de su propio proceso intelectual. Considera, además, que las actividades de construcción y experimentación

mediante artefactos son muy importantes para fomentar los procesos del aprendizaje autodirigido. Papert y Harel (1991) presentan la siguiente definición de construccionismo:

El construccionismo tiene la misma connotación del constructivismo del aprendizaje como “creación de estructuras de conocimiento”, independientemente de las circunstancias del aprendizaje. Luego agrega la idea de que esto ocurre en forma especialmente oportuna en un contexto [cultural] donde la persona que aprende está conscientemente dedicada a construir una entidad pública, ya sea un castillo de arena en la playa o una teoría del universo

Papert señala que definir y estudiar el entorno próximo en que sucede el aprendizaje tiene una gran relevancia, ya que el conocimiento se construye activamente desde la interpretación social de la realidad, es decir, desde la significatividad que surge cuando un individuo, desde su contexto, se relaciona con los demás. En ese sentido, la evolución del constructivismo al construccionismo representa también el paso del sujeto a la colectividad, de la persona a la comunidad.

El construccionismo pretende que el aprendiz sea capaz de interpretar múltiples realidades, realizar actividades de aprendizaje en un contexto real y reflexionar sobre su aprendizaje. A su vez, dichos procesos le van a permitir enfrentar mejor los problemas de la vida real al aplicar sus conocimientos a situaciones nuevas.

Desde el enfoque construccionista, la tecnología se presenta como una opción para que el individuo renueve su motivación e interés, favorezca la búsqueda, promueva la integración y estimule el desarrollo de habilidades intelectuales como el razonamiento, la resolución de conflictos, la creatividad y la capacidad de aprender a aprender (Pallasco-Barros et al., 2022).

Para terminar la presentación de las teorías educativas más importantes para la construcción de los objetos de aprendizaje, se presenta una tabla con los parámetros más importantes a manera de resumen.

Tabla 3.4 Teorías más utilizadas en el área Educativa para la construcción de objetos de aprendizaje

Parámetros	Conductismo	Cognitivismo	Constructivismo	Construccionismo
Relación instructor-aprendiz	<p>El instructor es quien transmite la información.</p> <p>El aprendiz es quien recibe la información.</p> <p>Es importante la atención y la memoria del aprendiz.</p>	<p>El instructor es un facilitador que guía paso a paso al aprendiz.</p> <p>El aprendiz es un sujeto activo procesador de información, capaz de aprender y solucionar problemas.</p> <p>Es más importante generar una experiencia significativa que estimule las emociones del aprendiz.</p>	<p>El instructor actúa como orientador y guía en el proceso de aprendizaje.</p> <p>El aprendiz es un sujeto autónomo y crítico, que tiene un papel activo en su propio proceso de aprendizaje.</p>	<p>El instructor actúa como facilitador mediando entre el estudiante y el proceso de aprendizaje.</p> <p>Los aprendices participan en su propio proceso de aprendizaje sacando conclusiones mediante la experimentación creativa.</p> <p>El contexto en el que se desarrolla el proceso de aprendizaje es de suma importancia.</p>
Concepto de conocimiento	<p>El conocimiento es objetivo y transmisible de instructor a aprendiz.</p>	<p>El conocimiento es subjetivo y surge de una actividad mental que implica una codificación y estructuración interna por parte del individuo.</p>	<p>El conocimiento es subjetivo, creado a través del compromiso, el diálogo y la interactividad, es decir, el conocimiento se construye.</p>	<p>El conocimiento es subjetivo y de carácter local, es decir, circunscrito en un contexto específico. El conocimiento se construye activamente a través de contextualizar con el entorno, relacionarse con los demás y desde la significatividad al actuar con asertividad.</p>
Comprensión de la realidad	<p>La realidad existe fuera del aprendiz; los métodos de aprendizaje se centran en cómo hacer llegar esa realidad a las personas.</p>	<p>La realidad existe dentro del aprendiz; los métodos de aprendizaje se centran en sus emociones y sus procesos internos.</p>	<p>La realidad es una interpretación personal que se construye a partir de la experiencia y puede ser modificada a través de la interacción con los demás.</p>	<p>La realidad es una interpretación personal que se hace desde un contexto social. La realidad social construida se considera como un proceso dinámico.</p>
Cómo se logra la calidad en el aprendizaje	<p>A través del diseño de la instrucción y el control del ambiente de aprendizaje.</p>	<p>A través del diseño de experiencias y la implementación de recursos novedosos que</p>	<p>Mediante la interactividad, la participación y el diálogo; los aprendices son activos, toman</p>	<p>Siguiendo un proceso iterativo que le permita a los aprendices descubrir por sí mismos las mediaciones que mejor apoyan la</p>

		sean significativos para el aprendiz.	iniciativas y se autorregulan. Las experiencias previas al aprendizaje son importantes.	exploración de su curiosidad. El individuo hace sus propios descubrimientos mediante un proceso de prueba y error.
Aplicación de la tecnología	Se utiliza como medio para transmitir información o para obtener respuestas inmediatas.	La tecnología proporciona las herramientas para generar experiencias significativas.	Se utiliza para la exploración y experimentación individual, la comunicación y la práctica.	Se utiliza como recurso para la confección y construcción de artefactos. También es usada para la exploración y experimentación a través de artefactos.

Nota. Elaboración propia.

f) Conectivismo

La última “teoría” del aprendizaje que se aborda es el conectivismo, aunque, cabe aclarar que debido a que carece de fundamentos propios (ya que se basa en otras teorías como el conductismo, cognitivismo y constructivismo) para desarrollar la transferencia o la creación de conocimiento, se le considera más una forma de instrucción o una perspectiva de aprendizaje.

El conectivismo es un concepto relativamente reciente, del año 2004, creado por George Siemens y Stephen Downes (2004) para hacer un replanteamiento del uso de la tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje. La perspectiva conectivista asume que los medios digitales modifican la forma de pensar y actuar de los seres humanos y, por ende, mejoran la manera en que las personas viven, se comunican y aprenden. La experiencia de aprendizaje dentro del conectivismo se describe como un proceso de interconexión de redes que, a su vez, se encuentran constituidas por una conexión de entidades (humanas y no humanas) que añaden y aportan nuevos nodos de conocimiento y conexiones para construir experiencias.

Dentro del conectivismo, las redes son vistas como lugares democráticos que permiten, entre otras cosas, la existencia de diversos puntos de vista, la diversidad de información, la

interacción, el intercambio, el diálogo y el pensamiento conjunto. Al mismo tiempo, las redes exigen establecer prioridades que giran en torno a necesidades individuales y colectivas (Siemens, 2004).

Uno de los principales objetivos del conectivismo es aprovechar las cualidades de las tecnologías en diferentes escenarios, incluyendo las comunidades de práctica, las redes globales/personales y los lugares de trabajo para el desempeño de tareas.

A futuro, se espera que el conectivismo desarrolle un planteamiento teórico propio que le permita a los profesionistas generar una mayor comprensión y proyección de las tecnologías, especialmente de aquellas relacionadas con la virtualidad (VR, AR y AV).

En el marco de la presente investigación, se propone el uso de sistemas en lugar de las redes que plantea el conectivismo. Aunque hay similitudes entre ambas perspectivas, como la interconexión de componentes y la necesidad de actualización a largo plazo, existen al menos dos diferencias significativas que vale la pena señalar:

- Las redes son de carácter general, ya que están diseñadas para responder a la interacción de una gran variedad de usuarios y dispositivos; en cambio, los sistemas son de carácter particular, pues están diseñados para responder a la interacción de un grupo de usuarios y dispositivos específicos.
- El objetivo de las redes es facilitar y asegurar la comunicación y el intercambio de recursos para alcanzar una meta general. El objetivo de los sistemas es cumplir una tarea particular para alcanzar una meta específica.

La tecnología ha permitido que se tenga acceso a una gran cantidad de información transformando el enfoque de las teorías y los procesos que intervienen en la enseñanza y el aprendizaje. En ese sentido, la teoría constructivista-construccionista se presenta como una de las teorías fundamentales de la educación actual, ya que los estudiantes adoptan un enfoque activo y participativo en sus propios procesos de aprendizaje.

La tecnología actual brinda acceso a una gran cantidad de recursos digitales y educativos como bibliotecas, tutoriales, cursos, aplicaciones y plataformas, entre otros. Estos recursos

permiten que los estudiantes tengan un aprendizaje autónomo que se adapte a sus necesidades e intereses individuales. En consecuencia, se han creado nuevas oportunidades y posibilidades para el aprendizaje significativo y efectivo dentro y fuera del aula.

En México, los planes educativos actuales tienen como metas fomentar la integración entre los estudiantes, desarrollar las habilidades intelectuales (tales como el razonamiento y la creatividad) y aplicar las habilidades prácticas en beneficio social. De acuerdo con estos planteamientos, pareciera que el enfoque teórico más adecuado para realizar un entorno u objeto de enseñanza-aprendizaje es el constructivista-construccionista. No obstante, las teorías utilizadas en el área educativa no son excluyentes, sino integrativas y complementarias, por lo que su implementación depende de los objetivos de enseñanza-aprendizaje que se desean alcanzar. Por ejemplo, si el objetivo del objeto de aprendizaje es transmitir información para ser memorizada, se podría utilizar un enfoque en donde se tomen en cuenta los postulados conductistas. Si se busca generar una experiencia significativa que estimule las emociones del estudiante, lo ideal sería adoptar un enfoque orientado a aplicar los principios cognitivistas. Si la intención es que el individuo experimente y practique una habilidad, la mejor opción podría ser adoptar un enfoque constructivista. Finalmente, si el objeto de aprendizaje se construye considerando el contexto y la participación simultánea de varios estudiantes, el enfoque más apropiado sería el construccionista.

3.3 Objetos virtuales tridimensionales en el modelo pedagógico de aprendizaje basado en competencias

En México, el sistema educativo pasó de un modelo pedagógico de perspectiva conductista-cognitivista, que alcanzó su auge entre 1972 y 1990, a un modelo de perspectiva constructivista como el que representa el aprendizaje basado en competencias (ABC), que actualmente es utilizado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en los distintos planes de estudio a nivel básico, medio y superior.

Los métodos más importantes del modelo pedagógico del aprendizaje basado en competencias integran distintas líneas teóricas que complejizan la interpretación de lo que se concibe como aprendizaje. En la actualidad, hay dos propuestas metodológicas fundamentales.

- La primera propuesta parte del aprendizaje significativo, desarrollado por Ausubel, Novak y Hanesian en el año 1963. Este tipo de aprendizaje se construye relacionando la información que brinda el objeto de estudio con los conocimientos previos de un individuo a fin de ajustarlos, reconstruirlos y enriquecerlos. Se trata de un tipo de aprendizaje que está estrechamente conectado con la teoría constructivista-cognitivista y el método pedagógico de aprendizaje basado en la solución de problemas (ABSP).
- La segunda propuesta es el método de proyectos, que fue desarrollado por Kilpatrick (influido por las ideas de Dewey) en el año 1918 y que se centra en los procesos de indagación y descubrimiento, los cuales están estrechamente ligados con la teoría constructivista-construccionista y el concepto de "aprender haciendo" que actualmente se ve representado en el método pedagógico de aprendizaje basado en proyectos (ABP).

En los siguientes apartados, se explican más a detalle tanto el modelo pedagógico del aprendizaje basado en competencias como sus métodos más importantes, es decir, el aprendizaje basado en la solución de problemas (ABSP) y el aprendizaje basado en proyectos (ABP).

3.3.1 Aprendizaje basado en competencias

En México, a partir de la década de los noventa, el sistema educativo adoptó una perspectiva constructivista de corte social que sigue vigente y se encuentra representado en el modelo pedagógico de aprendizaje basado en competencias utilizado en los planes de estudio de la Secretaría de Educación Pública para los distintos niveles de educación

preescolar, primaria y secundaria (Secretaría de Educación Pública, 2023). El autor Sergio Tobón (2007), experto en evaluación del aprendizaje, define las competencias como:

Procesos complejos de desempeño con idoneidad en determinados contextos, que integran diferentes saberes (saber conocer, saber hacer, saber ser y saber convivir), para realizar actividades y/o resolver problemas

Desde el campo de las tecnologías aplicadas a la educación, Lyle M. Spencer (2008) explica que las competencias son:

Una característica subyacente de un individuo que está causalmente relacionada con un nivel estándar de eficacia y/o desempeño superior en un trabajo o situación específica

La Secretaría de Educación Pública menciona que una competencia identifica, selecciona, coordina y moviliza de manera articulada un conjunto de saberes diversos. También presenta algunas características más importantes de las competencias (Secretaría de Educación Pública, 2023).

- Se encuentran en permanente desarrollo y mejora.
- Se implementan en diferentes contextos para tratar situaciones o problemas específicos.
- Se crean en un proceso permanente de reflexión crítica.
- Su desarrollo requiere un nivel de dominio.
- Tienen cierto grado de valor, significatividad, representatividad o pertinencia.
- Responden a una situación específica.
- Generan un cambio en la lógica de la transposición didáctica.

Del mismo modo, Jacques Delors (1997) menciona que el modelo pedagógico del aprendizaje basado en competencias es una forma de enseñanza que combina los cuatro pilares de la educación: "saber conocer", "saber hacer", "saber ser" y "saber convivir", los cuales son necesarios en el quehacer del mundo actual.

El "saber conocer" se refiere a los conocimientos teóricos y conceptuales para comprender y analizar situaciones. El "saber hacer" se fundamenta en la adquisición de habilidades

prácticas para resolver problemas y desafíos específicos. El "saber ser" y el "saber convivir" se relacionan con el desarrollo de habilidades sociales y emocionales que tienen una interacción efectiva con otras personas para trabajar en equipo y resolver conflictos mediante una actitud ética responsable.

Desde esta perspectiva, se presenta una tabla que relaciona los objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje y los tipos de competencias que se desarrollan a través de ellos de acuerdo con lo que proponen Frida Díaz y Gerardo Hernández (2002):

Tabla 3.5 Tipos de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje

Tipo de objeto	Tipo de competencia			Contenido	
	Competencia	Estímulo	Descripción	Aplicativo	Tipo de virtualidad
Declarativo (también llamado teórico o conceptual)	<i>Conocimientos.</i> Relacionados con los contenidos	- Aprendizaje de tipo instruccional para saber conocer. Puede ser: a) Conocimiento factual: se basa en el aprendizaje memorístico, es decir, en la mecanización y la reproducción de lo aprendido. b) Conocimiento conceptual: se basa en el aprendizaje significativo; su propósito es el estudio y/o comprensión de conceptos, principios y explicaciones.	- Competencia cuyo objetivo es lograr un conocimiento basado en datos, información, hechos, conceptos y principios. - Requiere de una relación que implique significar el contenido. - Este tipo de objeto de aprendizaje está relacionado con los principios teóricos constructivistas-conductistas (en el caso del conocimiento factual) y constructivistas-cognitivistas (en el caso del conocimiento conceptual).	- Cinemática y secuencia (si el grado de interacción es bajo).	AR y VR
				- Escena virtual 3D y presentación de objetos 3D (si el grado de interacción es bajo).	AR y VR
				- Imagen y video 360.	VR
				- Tour y recorrido virtual 3D.	VR
Procedimental	<i>Habilidades.</i> Relacionadas con las aptitudes a desarrollar	- Aprendizaje basado en el hacer. - Aplicación práctica y operativa de los conocimientos teóricos. - Permite ejercitar algún tipo de habilidad o competencia técnica para llegar a un objetivo determinado.	- Su objetivo fundamental es perfeccionar las habilidades, destrezas y aptitudes de los estudiantes. - Este tipo de objeto de aprendizaje está relacionado con los principios constructivistas	- Avatar y personaje virtual.	VR
				- Cinemática y secuencia (si el grado de interacción es alto).	VR
				- Escena virtual y presentación de objetos	VR

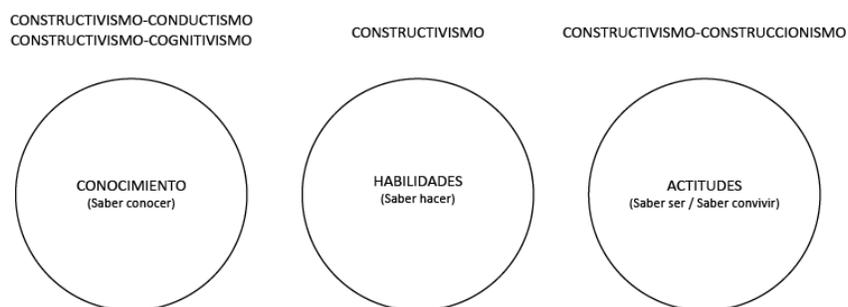
				3D (si el grado de interacción es alto).	
				- Simulación.	VR
				- Videojuego y gamificación (ludificación).	VR
Actitudinal (también llamado valoral)	<i>Actitudes.</i> Se refiere a las acciones que contemplan los otros dos vértices: conocimiento y habilidades	- Aprendizaje que integra el saber ser y saber convivir. -Contempla los estímulos de los objetos de aprendizaje declarativos y actitudinales sumando a ellos los valores como parte integral de la forma de ser y percibir a los otros para lograr la convivencia en un contexto social.	- Su objetivo es adquirir y llevar a la práctica valores universales como reflejo de una realidad social. Los recursos más utilizados son las anécdotas, historias o casos que permiten contrastar el valor con el antivalor. - Implica ponerle al objeto de aprendizaje una carga afectiva de naturaleza positiva o negativa encaminada hacia un objetivo, persona o situación -Este tipo de objeto de aprendizaje está relacionado con los principios constructivistas-construccionistas	- Suma los aplicativos de los otros dos vértices y se le anexan los aplicativos para lograr una convivencia social.	VR
				- Cuarto virtual/Sala virtual/Mundo virtual.	VR
				- Metaverso.	VR

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior presenta al constructivismo como enfoque teórico principal para configurar los objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje. Los de tipo declarativo se enfocan en los procesos cognitivos de memorización y comprensión, por lo que generalmente se utilizan para presentar algún tipo de información. Los de tipo procedimental permiten desarrollar habilidades prácticas. Por último, los de tipo actitudinal se utilizan para promover el uso del conocimiento y las habilidades a favor de una acción valoral.

Cabe mencionar que un proceso de formación completo requiere integrar las tres formas de competencia (conocimientos, habilidades y actitudes). Un primer momento implica reconocer los conocimientos previos del individuo para saber qué información necesita en su proceso de formación. A partir de ahí, el conocimiento adquirido debe validarse por medio de una práctica que promueva las acciones positivas, pero también que dé respuesta a las necesidades de una realidad concreta. Dicha validación es grupal y permite que todos los actores involucrados (principalmente instructores y estudiantes) puedan contribuir en el proceso de aprendizaje. Lo anterior se expresa de manera gráfica de la siguiente manera:

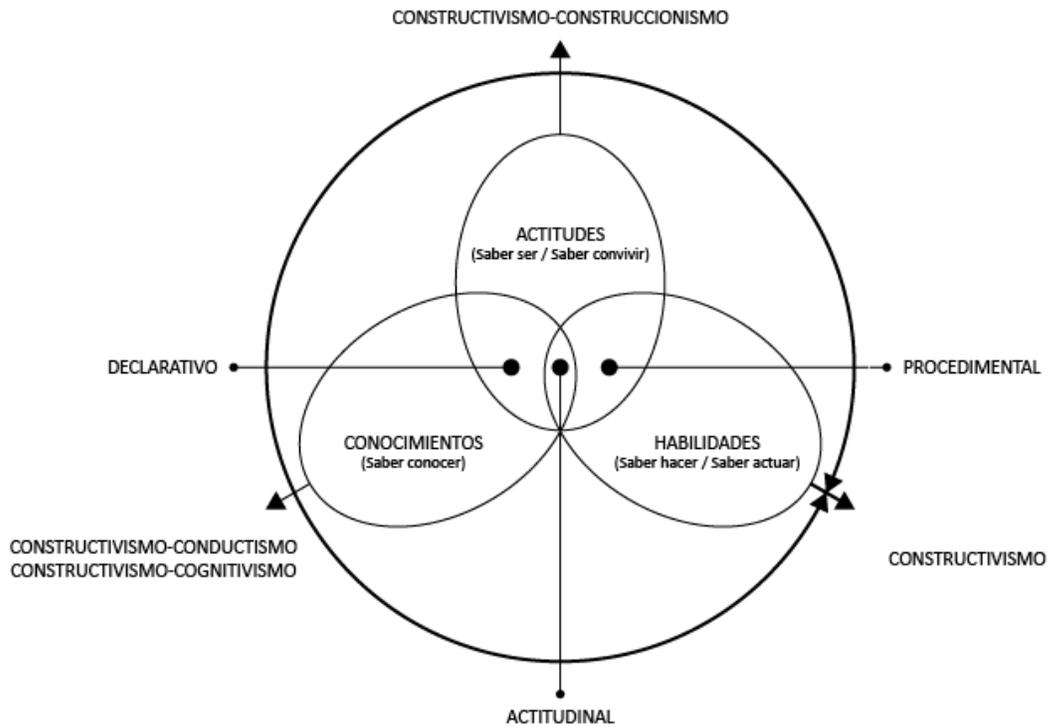
Figura 3.2 *Relación entre las teorías y competencias educativas*



Nota. El enfoque teórico constructivista-cognitivista permite realizar objetos declarativos cuyo propósito es generar un conocimiento memorizando o comprendiendo información. El constructivismo puede ser una buena opción para generar objetos procedimentales cuyo propósito es el desarrollo de habilidades prácticas (saber hacer), mientras que el enfoque teórico constructivista-construccionista es una opción para crear objetos actitudinales que permitan al individuo desarrollar un comportamiento valoral de colaboración social para saber ser y saber convivir en sociedad [Diagrama]. Elaboración propia.

El desarrollo de un objeto virtual tridimensional de aprendizaje que se utiliza para presentar información con el propósito de generar un conocimiento implica que el individuo haga uso de su memoria y capacidad de comprensión, pero también que tenga una actitud y predisposición que le permita recibir dicha información. Este tipo de objetos que se relacionan con las competencias de conocimiento y las actitudes del individuo se conoce como objeto virtual de aprendizaje de tipo declarativo. Asimismo, existen objetos virtuales de aprendizaje creados para mejorar las habilidades prácticas que necesitan disponer de la voluntad del individuo. A este tipo de objeto, que combina las habilidades y las actitudes, se le conoce como objeto virtual de aprendizaje de tipo procedimental. Finalmente, un objeto virtual de aprendizaje de tipo actitudinal es aquel que considera el conocimiento y las habilidades del individuo para mejorar su manera de ser y/o actuar. Con base en esta información, se propone un esquema que muestra los enfoques teóricos y relaciona los tipos de competencia para establecer los tipos de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje que se pueden desarrollar:

Figura 3.3 Tipos de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje



Nota. Relación entre las teorías y las competencias educativas de las que derivan los tres tipos de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje (declarativo, actitudinal, procedimental) [Diagrama]. Elaboración propia.

El esquema anterior establece las bases para constituir una herramienta que permita desarrollar objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje específicos que respondan a los objetivos educativos que se pretenden alcanzar. Finalmente, es importante advertir que no todos los objetos se crean necesariamente mediante el modelo pedagógico de aprendizaje basado en competencias, ya que se debe analizar y considerar la realidad de cada contexto, y, a partir de ahí, determinar qué proceso de creación es el óptimo.

En los siguientes apartados, se presentan dos de los métodos más utilizados para dirigir el proceso formativo de los estudiantes en los que se utilizan los objetos virtuales de aprendizaje.

3.3.2 Aprendizaje significativo y aprendizaje basado en la solución de problemas (ABSP)

El concepto de aprendizaje puede ser comprendido desde distintos enfoques y campos teóricos. Novak y Hanesian (1968) sostienen que la instrucción directa (instructor- aprendiz) es fundamental para establecer las relaciones sustantivas entre lo que se quiere aprender y las experiencias previas de lo que ya se conoce. Dicho proceso de instrucción genera una experiencia significativa que transforma el pensamiento del aprendiz a través del desequilibrio (de intereses, motivaciones y procesos reflexivos) que contrasta la coherencia y la lógica de sus planteamientos con lo que se explica de un fenómeno.

Si se toma en cuenta el proceso de instrucción directa, los objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje se utilizan como recursos para plantear un problema o establecer un proceso de resolución que permita al usuario adquirir nuevos conocimientos o desarrollar nuevas habilidades.

El método de aprendizaje basado en la solución de problemas fue creado por Howard Barrows en 1965 para mejorar la calidad de la educación médica, pero actualmente es utilizado en otros campos para impulsar el aprendizaje autónomo. La Dirección de Investigación y Desarrollo Educativo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey define al método de aprendizaje basado en la solución de problemas como:

Una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de habilidades y actitudes resultan importantes. En el aprendizaje basado en la solución de problemas, un grupo pequeño de alumnos se reúne, con la facilitación de un tutor, para analizar y resolver un problema seleccionado o diseñado especialmente para el logro de ciertos objetivos de aprendizaje como (DIDE, 2006).

La escuela de Maastricht (Schultz y Christensen, 2004) plantea un método de aprendizaje basado en la solución de problemas integrado por siete etapas básicas:

Tabla 3.6 *Etapas de desarrollo del método de aprendizaje basado en la solución de problemas*

Etapas	Descripción
1. Definición del problema a resolver	Se presenta un problema desafiante que motiva a los estudiantes a buscar una solución. Se trata de un problema que se relaciona con el tema y el contenido que se quiere enseñar.
2. Análisis comprensivo del enunciado del problema	Se analiza el problema desde diferentes perspectivas con el objetivo de comprenderlo en profundidad y establecer sus límites.
3. Se recopila información y se definen objetivos a cumplir.	En esta etapa se recopila la información y se identifican los conceptos clave relevantes del problema. También se definen los objetivos que se deben cumplir para establecer un plan de acción.
4. Ejecución del plan de acción	Se plantea y ejecuta un plan de acción en donde se toman en cuenta los recursos disponibles y las limitaciones para alcanzar los objetivos.
5. Actividad de aprendizaje	Se llevan a cabo las pruebas y los experimentos que permitirán encontrar la solución más adecuada.
6. Resolución del problema	En esta etapa los estudiantes implementan la solución final y presentan los resultados.
7. Evaluación	Se realiza una evaluación de los resultados y se hace un análisis para saber si se alcanzaron los objetivos. La evaluación puede ser llevada a cabo de manera grupal por los propios estudiantes, pero también por el instructor o por un comité de expertos asignado.

Nota. Elaboración propia.

En resumen, los objetos virtuales de aprendizaje son recursos que se pueden utilizar para planear un problema o establecer su proceso de solución, ya sea para adquirir nuevos conocimientos o desarrollar nuevas habilidades. Al respecto, se muestran algunos ejemplos de uso de los aplicativos virtuales como recursos para ayudar a implementar el método de aprendizaje basado en la solución de problemas.

Tabla 3.7 *Aplicativos virtuales que se pueden utilizar como recursos para ayudar a implementar el método de aprendizaje basado en la solución de problemas*

Nombre del aplicativo	Ejemplo de uso del aplicativo
Avatar y personaje virtual	El usuario debe crear un personaje que coincida con una descripción.
Cinemática y secuencia	Secuencia interactiva en donde el usuario elige, dentro de una serie de opciones, aquella que le da sentido a una narrativa.
Escena, escenario virtual 3D y objetos 3D interactivos	Una escena virtual en donde el usuario tiene que categorizar una serie de objetos bajo cierto criterio.
Simulación	Una simulación en donde el usuario debe calcular algún parámetro para llevar a cabo una acción.
Imagen y video 360°	Dos imágenes, en un entorno 360°, que el usuario puede comparar para reconocer, contrastar y/o analizar ciertos elementos.
Tour y recorrido virtual 3D	Un recorrido que el usuario debe transitar para encontrar, recopilar o chequear objetos.
Videojuego y gamificación	Un videojuego en donde el usuario debe resolver problemas lógicos como rompecabezas, acertijos o enigmas que requieren del razonamiento deductivo.

Nota. Elaboración propia.

3.3.3 Método de proyectos y el aprendizaje basado en proyectos (ABP)

Si bien el método de proyectos tiene sus orígenes en el enfoque educativo desarrollado por John Dewey a principios del siglo XX, el concepto se le atribuye a William Heard Kilpatrick

(1918), quien propone que dicho método, como su nombre lo indica, implica el acto de realizar un proyecto que parte de un tema específico, lo cual representa la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y habilidades prácticas relevantes para la formación.

Con el paso del tiempo, el método de proyectos ha ido adaptándose a los estándares educativos y actualmente es conocido como método de aprendizaje basado en proyectos (ABP). Al respecto, la Secretaría de Educación Pública presenta la siguiente definición (Secretaría de Educación Pública, 2022):

El aprendizaje basado en proyectos es una metodología activa, en la que las y los alumnos son los protagonistas de su aprendizaje: investigan, crean, aprenden, aplican lo aprendido en una situación real, comparten su experiencia con otras personas y analizan los resultados. Ellos eligen, en la medida de lo posible, la temática o problemática que desean abordar en un proyecto, en función de su nivel, y trabajan en equipo para resolverla.

En el sitio web oficial del Gobierno de México, la Secretaría de Educación Pública puso a disposición material bibliográfico para comprender este método. Dentro de la documentación, se encuentra el artículo Gonzalo Cobo y Sylvana Mariella (2017). quienes presentan la siguiente definición:

El aprendizaje basado en proyectos es una metodología que se desarrolla de manera colaborativa y enfrenta a los estudiantes a situaciones que los lleven a plantear propuestas ante determinada problemática. Entendemos por proyecto el conjunto de actividades articuladas entre sí, con el fin de generar productos, servicios o comprensiones capaces de resolver problemas, o satisfacer necesidades e inquietudes, considerando los recursos y el tiempo asignado.

En ese contexto es importante entender que los objetos virtuales de aprendizaje son vistos como el resultado de una necesidad educativa, pero también como recursos utilizados en un proyecto para realizar algún tipo de contribución. A continuación, se presentan las etapas de desarrollo del método de aprendizaje basado en proyectos (Cobo y Valdivia, 2017) (Secretaría de Educación Pública, 2022).

Tabla 3.8 *Etapas de desarrollo del método de aprendizaje basado en proyectos*

Etapa	Consideraciones
1. Planteamiento del proyecto e investigación sobre el tema	<ul style="list-style-type: none"> - En esta etapa se conoce el tema del proyecto y se profundiza en sus fundamentos. - Se recopila la información relacionada con el tema que se va a tratar en el proyecto.
2. Definición de objetivos y plan de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> - Con base en la información, se establecen los objetivos del proyecto. - Se elabora un listado de las actividades necesarias para lograr los objetivos del proyecto.
	<ul style="list-style-type: none"> - Se organizan los equipos de trabajo. - Se distribuyen las responsabilidades para cada uno de los integrantes del equipo.
3. Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Se hace una investigación profunda del tema acorde con los objetivos planteados. También se hace un análisis de la información. - Se establece un proceso, entre instructores y aprendices, que permita monitorear y darle seguimiento al proyecto. - Se deben solicitar avances intermedios que puedan ser calificados y aseguren el éxito del proyecto y su presentación final. - Creación del producto final (presentación, infografía, mural, exposición, video, canción, discurso, encuesta, juego, concurso, debate, entre otros).
4. Presentación	<ul style="list-style-type: none"> - Presentación pública del producto final y exposición de los resultados del proyecto.
5. Evaluación de los resultados	<ul style="list-style-type: none"> - Se hace una retroalimentación que tome en cuenta los objetivos del proyecto, así como lo aprendido por los estudiantes. - Se establece una conclusión o respuesta colectiva a la pregunta inicial.

Nota. Elaboración propia.

Dentro de un proyecto, los objetos virtuales de aprendizaje son utilizados de muchas formas, por ejemplo, para ayudar a establecer un planteamiento o problema inicial (como se muestra en la tabla 3.7), o para generar espacios en los que se pueda investigar, explorar, experimentar y reflexionar sobre un tema específico. En referencia a estos últimos se muestra la siguiente tabla.

Tabla 3.9 *Aplicaciones virtuales que se pueden utilizar como recursos para ayudar a implementar el método de aprendizaje basado en la solución de proyectos*

Nombre del aplicativo	Ejemplo de uso del aplicativo
Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual	Una sala virtual que permita la colaboración y participación grupal en donde se haga un experimento o una presentación.
Metaverso	Un espacio en donde se haga uso de distintos tipos de recursos digitales para la investigación; por ejemplo: aplicativos virtuales, sitios web y medios sociales.

Nota. Elaboración propia.

3.4 Entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje (3D VLE)

Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009) mencionan que el concepto de entorno virtual interactivo (*virtual interactive environment* - VIE) fue propuesto para señalar la naturaleza de un sistema de proyección que permite la interacción. Cuando dicho sistema se establece dentro de un espacio virtual de tres dimensiones se conoce como entorno virtual interactivo tridimensional (*three dimensional virtual interactive environments* -3D VIE). También proponen una clasificación de los entornos virtuales interactivos con base en su uso: por una parte, están aquellos entornos virtuales que se utilizan con un fin social (*virtual social world* -VSW) centrados en la comunicación, la interacción social y la construcción de relaciones entre los usuarios; por otra partes, están lo que se utilizan para el entretenimiento (*massive multiplayer online role playing game* - MMORPG), enfocados en

la exploración, la competición y la superación de desafíos. Las dos categorías se pueden combinar para desarrollar experiencias de aprendizaje más envolventes y atractivas para el usuario.

De esta idea, aplicada al campo educativo, surgen los entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje (*three dimensional virtual learning environments - 3D VLE*), que son definidos como una serie de espacios virtuales en los que se diseñan experiencias inmersivas y motivadoras para fomentar el aprendizaje de los usuarios (O'Driscoll y Kapp, 2009).

Es importante mencionar que los entornos virtuales tridimensionales se construyen bajo los estándares de un modelo de aprendizaje en donde el contenido y el contexto se encuentran estrechamente vinculados. Los entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje ofrecen la posibilidad de crear diversos escenarios que corresponden al tipo de aplicación que se está desarrollando. Solo por mencionar algunos ejemplos, en los tours y recorridos virtuales, el diseño del entorno es clave para que el usuario explore diferentes áreas y acceder a información relevante de manera clara y organizada. Esto se logra gracias a una buena distribución de los espacios virtuales y a una buena gestión del contenido. Lo mismo sucede con los cuartos, las salas y los mundos virtuales en donde un buen diseño del entorno sirve para mejorar la colaboración y el trabajo en equipo. En el caso de las simulaciones, se pueden crear escenarios interactivos como laboratorios, cabinas, centros de mando, o incluso escenarios históricos y naturales que en el mundo real son peligrosos o de difícil acceso pero que resultan útiles para experimentar situaciones complejas.

Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009) mencionan que para realizar un entorno virtual tridimensional de aprendizaje efectivo se requieren considerar los siguientes aspectos.

Tabla 3.10 Consideraciones para realizar entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje (3D VLE)

Objetivos de aprendizaje	Los objetivos de aprendizaje deben ser alcanzables y estar alineados con un plan de estudios.
Definir el público objetivo	Definir al público objetivo ayuda a diseñar un entorno de manera que sea relevante y atractivo.
Diseñar y programar el entorno	Los entornos virtuales de aprendizaje deben diseñarse en función de los objetivos de aprendizaje y el público objetivo. Además, deben considerarse las necesidades, las habilidades y los conocimientos de los estudiantes con el fin de facilitar el uso y la comprensión del entorno virtual.
Probar el entorno	Es importante realizar pruebas de navegación, adaptación del usuario y funcionamiento del entorno virtual en diferentes sistemas y dispositivos.
Evaluar el entorno	Se debe evaluar el entorno virtual para determinar si está ayudando a cumplir los objetivos de aprendizaje.

Nota. Elaboración propia.

Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009) identifican tres tipos de tareas que se pueden realizar en un entorno virtual tridimensional de aprendizaje junto con las estrategias a seguir para llevarlas a cabo. A continuación, las tareas se presentan integradas en una tabla y se relacionan con los tipos de aplicaciones de virtualidad presentados en el apartado 2.8.

Tabla 3.11 Tareas que se pueden realizar en un entorno virtual tridimensional de aprendizaje (3D VLE)

Tarea	Descripción	Estrategia de aprendizaje	Objetivo de la estrategia de aprendizaje	Aplicaciones
Búsqueda	Las tareas de búsqueda implican la exploración del entorno virtual para encontrar información relevante.	Búsqueda del tesoro. Permite a los individuos interactuar de forma guiada a través de ambientes prescritos. - Se suelen proporcionar instrucciones sobre lo que se va a buscar.	- Desarrollar conocimiento como resultado de la interacción con el ambiente. - Desarrollar habilidades de comunicación y colaboración (siempre y cuando la actividad sea diseñada para realizarse en equipo).	- Tour y recorrido virtual 3D - Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual - Videojuego y gamificación (ludificación)

		<ul style="list-style-type: none"> - Esta estrategia se puede cronometrar para incrementar el sentido de competencia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender las características de un entorno. 	
		<p>Visita guiada. Recorrido temático que pasa por distintas áreas de interés.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Presentar información. - Explorar áreas, incluso aquellas que en el mundo físico pueden estar fuera de los límites de seguridad o acceso. - Comprender las características de un entorno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Tour y recorrido virtual 3D
		<p>Orientación conceptual. Estrategia para realizar procesos de comparación lado a lado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprensión de información y conceptos clave. - Identificar atributos para establecer similitudes y diferencias. - Clasificar información a través de la experiencia visual. 	<ul style="list-style-type: none"> - Imagen y video 360° - Cinemática y secuencia - Escena virtual 3D
Misión	Las tareas de misión implican el cumplimiento de una tarea específica en un entorno virtual.	<p>Construcción de un avatar. Permite alterar las características físicas de un personaje como forma de proyectar el “yo”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Construir un avatar con el que se puede identificar el individuo para hacer más agradable una experiencia en el mundo virtual. - Observar la personalidad de un individuo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Avatar/personaje virtual
		<p>Juego de rol. Consiste en adoptar un papel que cotidianamente no se asumiría.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se suele proporcionar un guion con las situaciones en las que se tiene que participar y los roles que se deben asumir. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprender qué se requiere para personificar un papel. - Comprender el rol que se está asumiendo, así como el que asumen las demás personas, con el propósito de desarrollar empatía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Texto-basado (<i>text-based</i>) - Videojuego y gamificación (ludificación)

Desafío	Las tareas de desafío implican la superación de obstáculos y la toma de decisiones en un entorno virtual.	Aplicación operativa. Permite la interacción con el entorno y la manipulación de objetos siguiendo las leyes del mundo físico.	- Aplicar los conocimientos llevando a cabo los pasos y los procedimientos necesarios para alcanzar un objetivo. - Desarrollar habilidades motrices. -Conocer la funcionalidad y/o desempeño de un artefacto.	- Gemelo digital (<i>digital twins</i>) y simulación - Escena virtual 3D
		Incidente crítico. Estrategia para practicar habilidades mediante la realización de actividades inesperadas, poco frecuentes o consideradas peligrosas en el mundo real.	- Se utilizan los conocimientos previos para practicar cómo responder a una situación. - Desarrollar confianza para mejorar la toma de decisiones (saber reconocer, evaluar y priorizar). -Fomentar el trabajo en equipo.	- Gemelo digital (<i>digital twins</i>) y Simulación -Escena virtual 3D
		Cocreación. Estrategia que utiliza el espacio virtual para que dos o más personas trabajen juntas y desarrollen algo nuevo.	-Fomentar el trabajo en equipo. -Optimizar tiempos de desarrollo. -Construir y configurar un nuevo artefacto.	- Metaverso - Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual - Videjuego y gamificación (ludificación)
		Foros y trabajo en grupos. Permite formar un grupo cohesivo de personas para presentar o solicitar información.	- Compartir, presentar y/o solicitar información. - Utilizar el espacio virtual para fomentar la cooperación y el trabajo en equipo.	- Metaverso - Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual

Nota. Elaboración propia.

Es importante señalar que los tipos de tareas que se pueden realizar en un entorno virtual tridimensional de aprendizaje varían de acuerdo con los objetivos. Además, Tony O'Driscoll

y Karl M. Kapp (2009) distinguen siete sensibilidades que se deben contemplar en su diseño para poder generar una experiencia de aprendizaje satisfactoria.

- *El sentido del yo.* En el entorno virtual, las personas deben poder reconocer su individualidad, para lo cual, a menudo, se utilizan los personajes virtuales o avatares que se convierten en una “encarnación” del “yo”.
- *La muerte de la distancia.* A diferencia del mundo real, la asepsización/neutralidad del espacio virtual aumenta la sensación de aislamiento, pero, en contraste, también ayuda a “acortar” la distancia geográfica.
- *El poder de la presencia.* El espacio virtual fomenta el sentido de presencia. Esta idea se resume en la siguiente frase: “Estar virtualmente allí es casi tan bueno como estar físicamente allí”. Cuando el modo de interacción en el espacio virtual imita al de la vida real la presencia se siente genuina.
- *El sentido del espacio y la escala.* El espacio virtual manipula la escala y el sentido de las cosas de tal forma que es imposible replicarla en el mundo real.
- *La capacidad de cocrear.* Los espacios virtuales permiten la participación colectiva para “hacer sentido juntos”.
- *La omnipresencia de la práctica.* Los entornos virtuales son diseñados para recrear situaciones similares a las del mundo real, lo que hace que el aprendizaje en dichos entornos sea útil.
- *Enriquecimiento de la experiencia.* Los entornos virtuales se prestan como recursos para enriquecer las experiencias de aprendizaje.

Cuando se entrelazan las sensibilidades para crear los objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje, se alcanzan niveles de comunicación que con otros recursos de enseñanza-aprendizaje es imposible. Para finalizar este apartado, se mencionan sus ventajas de uso (O'Driscoll & Kapp, 2009)

- Aumentan el nivel de motivación, pues son vistos como recursos novedosos para interactuar y experimentar de manera activa.

- Proporcionan una sensación de control e interactividad que supera las limitaciones del mundo real.
- Permiten la exploración de entornos y contextos a los que es imposible acceder en el mundo real.
- Proporcionan un entorno seguro para experimentar y practicar habilidades sin riesgos.
- Permiten el aprendizaje en cualquier lugar y en cualquier momento, es decir, se adaptan a las necesidades de los estudiantes.
- Ofrecen experiencias de aprendizaje personalizadas.
- Fomentan la colaboración entre estudiantes, promueven el trabajo en equipo y el desarrollo de habilidades sociales.

3.5 Criterios de diseño y evaluación de los entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje

De acuerdo con las teorías explicadas en el apartado 3.2, se propone que los objetos de aprendizaje presentan dos tipos de propósitos que se pueden evaluar:

- *Objeto de aprendizaje cuyo propósito es perceptual.* La teoría conductista plantea un aprendizaje que a menudo se basa en la repetición y en las asociaciones simples entre estímulos y respuestas, es decir, en la memorización de la información y la reproducción de lo que se aprende. Al contrario del conductismo, la teoría cognitivista considera los procesos mentales internos del individuo en la adquisición, organización y procesamiento de la información. En ambos casos, el objetivo principal es la transmisión de información.
- *Objeto de aprendizaje cuyo propósito es práctico.* Las teorías constructivistas-construccionistas buscan que el individuo participe activamente en su propio proceso de aprendizaje, ya sea explorando, experimentando o relacionándose con los demás. Se trata de hacer que el usuario se integre en una dinámica con el propósito de interactuar/actuar sobre los componentes virtuales.

Ambos propósitos que evaluar se traducen en dos tipos de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje. El primero es aquel que puede ser reconocido y que al final se transforma en un nuevo esquema de pensamiento. El segundo tipo de objeto es aquel que permite la expresión/acción de quien aprende. A continuación, se presenta una tabla que muestra los dos tipos de objetos antes mencionados en relación con los aplicativos virtuales.

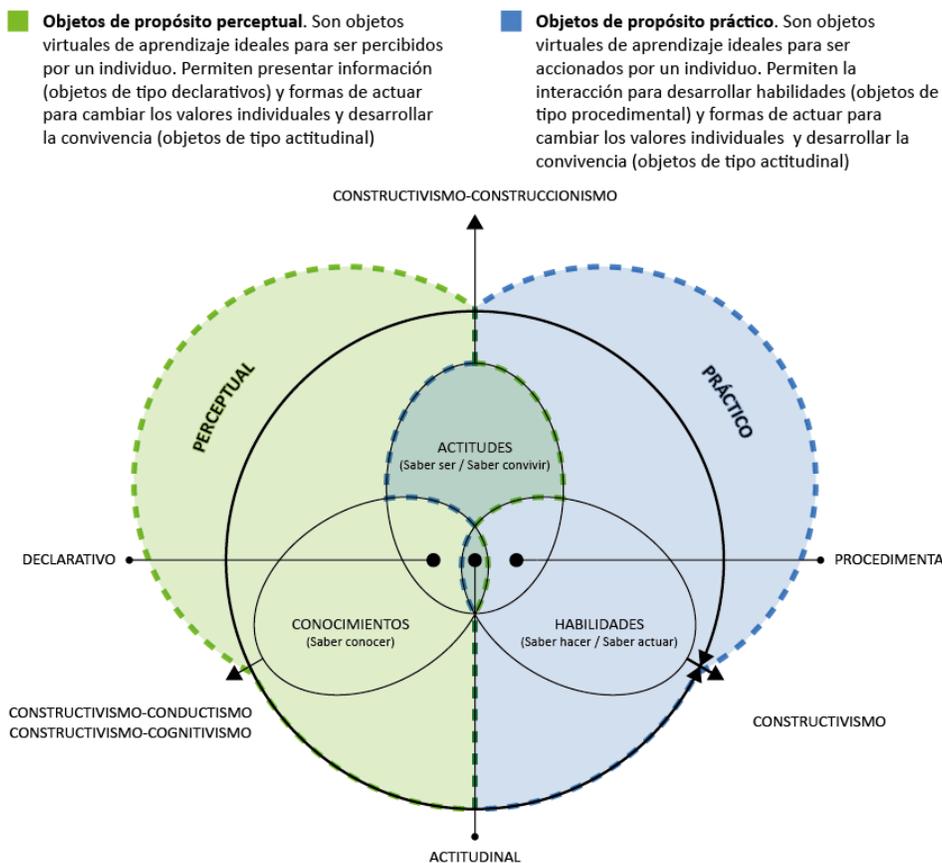
Tabla 3.12 Tipos de objetos de aprendizaje según su propósito en relación con las aplicaciones virtuales

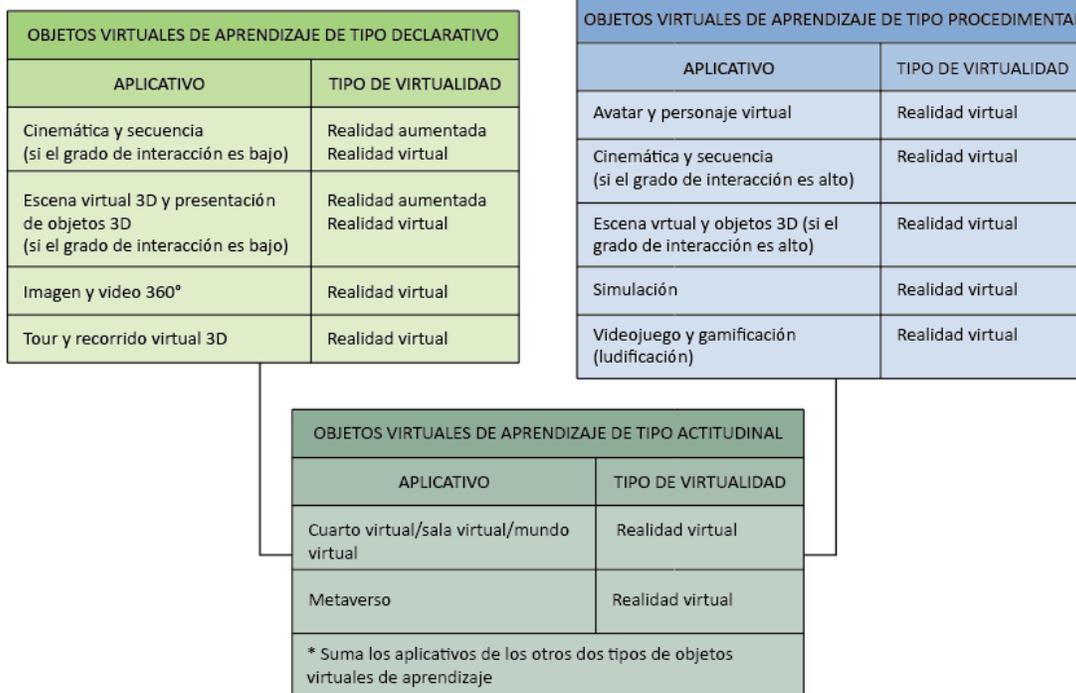
Tipo de objeto y característica	Aplicaciones
<p align="center">Objetos perceptuales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permiten aprender memorizando o comprendiendo conceptos. - Admite la interacción, navegación y el recorrido por los elementos de la interfaz para ser “leídos”. - Este tipo de objeto se genera para ser reconocido y comprendido. - Su propósito es la transmisión de información. 	Cinemática y secuencia (si el grado de interacción es bajo)
	Escena virtual 3D (si el grado de interacción es bajo)
	Imagen y video 360°
	Tour y recorrido virtual 3D
<p align="center">Objetos prácticos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Permiten aprender haciendo. - Admite la interacción para que el usuario pueda modificar alguna de las propiedades de los elementos virtuales y así ejercitar algún tipo de habilidad o competencia. - Su propósito es la acción del usuario. 	Avatar y personaje virtual
	Cinemática y secuencia (si el grado de interacción es alto)
	Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual
	Escena virtual 3D (si el grado de interacción es alto)
	Gemelo digital (<i>digital twins</i>) y simulación
	Metaverso
	Texto-basado (<i>text-based</i>)
Videojuego y gamificación (ludificación)	

Nota. Elaboración propia.

También se muestra el esquema de la propuesta que relaciona los tipos de objetos virtuales de aprendizaje según su competencia, planteados en el apartado 3.3.1, con los tipos de objetos virtuales de aprendizaje según su propósito general.

Figura 3.4 *Tipos de objetos de aprendizaje según su propósito*





Nota. Elaboración propia.

Los objetos virtuales se distinguen de otros recursos de comunicación porque presentan cualidades de interacción que le permiten al usuario desarrollar sus habilidades prácticas. En el trabajo de Sebastián Torres y José Antonio Ortega (2003) se proponen tres ámbitos de análisis de calidad para las experiencias de enseñanza virtual.

Tabla 3.13 Ámbitos de análisis de calidad para las experiencias de enseñanza virtual

Ámbito de análisis	Descripción	Indicadores
Calidad Técnica	Garantiza la solidez y la estabilidad de los procesos de gestión enseñanza-aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con la infraestructura tecnológica necesaria para acceder de manera segura al sistema virtual. - Los costos y procesos relacionados con la creación, funcionamiento y mantenimiento del

		<p>sistema virtual se pueden solventar y gestionar correctamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El conocimiento técnico garantiza el desarrollo y mantenimiento de los sistemas virtuales. - Los recursos garantizan una navegación eficiente. - Se cuenta con un sistema virtual cuyos recursos permiten evaluar y dar seguimiento a los estudiantes.
Calidad organizativa y creativa	Ventajas organizativas y creativas para el adecuado desarrollo de los procesos de enseñanza-aprendizaje.	<ul style="list-style-type: none"> - Se perfila el enfoque de instrucción y aprendizaje (apoyándose en estrategias de naturaleza conductista, cognitivista, constructivista, o construccionista). - Se cuenta con la posibilidad de adaptar el sistema virtual a otros ámbitos educativos (como la educación no formal o las comunidades virtuales de aprendizaje y debate). - Se cubren todos los requisitos que requiere la lección o lecciones del plan de estudios. - Se tiene una buena organización de los contenidos (ya sea mediante índices, mapas conceptuales o algún otro tipo de recurso). - Existe vinculación a información externa relacionada con las unidades de aprendizaje. - Se cuenta con los recursos para generar un sistema virtual multiexperiencia.
Calidad comunicacional	Posibilidades de comunicación sincrónica y asincrónica entre instructores y aprendices.	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con foros o grupos de discusión. - Se tienen recursos para el intercambio de mensajes (como correo electrónico, chats, conferencias virtuales, etc.).

		<ul style="list-style-type: none"> - Existen áreas (como cuartos o salas virtuales) que ayudan a establecer una comunicación interpersonal (ya sea con instructores o entre los mismos estudiantes). - Existen recursos que permiten organizar actividades de intercambio cultural y de ocio (por ejemplo, un calendario virtual para organizar una exposición o tertulia).
--	--	---

Nota. Elaboración propia.

Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009) plantean ocho principios que pueden ser evaluados y servir como guía para el desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje. Dichos principios son el resultado del esfuerzo y la colaboración de autores reconocidos, tales como Chuck Hamilton, Christopher Keeseey, Randy Hinrichs, Ken Hudson, Steve Mahaley, Sarah Robbins entre otros. Los principios de diseño que ellos mencionan se dividen en dos principales vertientes: los principios fundamentales y los principios experienciales. A continuación, se muestra una tabla explicativa.

Tabla 3.14 *Principios que pueden ser evaluados y sirven como guía para el desarrollo de objetos y entornos virtuales de aprendizaje*

Principio de diseño	Descripción	Aspectos a considerar en la evaluación	Preguntas a considerar en la evaluación
*Previo a los principios de desarrollo es necesario proporcionar algunos antecedentes breves sobre la organización o institución educativa en la que se va a realizar el proyecto.			
1. Los principios fundamentales. El diseño de los objetos y entornos requiere una síntesis reflexiva. Los principios fundamentales forman el perímetro dentro del cual se aplican los principios experienciales			

a) Instruccionalmente fundamentado	<p>Los objetos y entornos deben:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abordar una necesidad. - Garantizar que son un mecanismo efectivo para cumplir los objetivos de aprendizaje. - Ser la mejor y más rentable forma de solucionar la exposición de un tema. 	<p>Evitar el uso de las tecnologías de virtualidad por moda.</p> <p>Asegurar la factibilidad de creación de los entornos y objetos.</p>	<p>¿La experiencia de aprendizaje está orientada a cubrir una necesidad educativa?</p> <p>¿Qué objetivos clave de aprendizaje se buscan alcanzar?</p> <p>¿El objeto o entorno que se pretende desarrollar es el mecanismo más eficiente y efectivo para transferir el aprendizaje?</p> <p>¿Por qué se eligió un objeto o entorno virtual de tres dimensiones como solución para abordar el desafío de aprendizaje?</p> <p>¿Qué tipo de profesionales van a participar en el desarrollo?</p> <p>¿En qué etapa del proceso van a participar?</p> <p>¿Con qué conocimientos y habilidades cuentan y cuál es su experiencia en esa área?</p>
2. Los principios experienciales. Permiten experimentar e internalizar los objetivos de aprendizaje			
b) Centrado en el usuario	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario se ubica en el centro de la experiencia de aprendizaje. - Las interacciones del usuario permiten hacer sugerencias para mejorar los entornos y objetos. - El contenido y proceso se fusionan hasta el punto en que conocer y hacer se vuelven indistinguibles. 	<p>Asegurarse de crear una experiencia de aprendizaje que le permita al usuario conocer (objeto perceptual) y/o hacer (objeto práctico).</p>	<p>¿El usuario se ubica en el centro de la experiencia?</p> <p>¿Qué papel(es) juega el usuario en la experiencia?</p> <p>¿Qué interacciones puede realizar el usuario para tener un momento didáctico dentro de la experiencia?</p>
c) Situado contextualmente	<ul style="list-style-type: none"> - Establece el contexto situacional óptimo en el que se constituye la experiencia de aprendizaje. - El contexto en el que se sitúa el sistema virtual 	<p>Equilibrar la autenticidad contextual para alcanzar los objetivos de aprendizaje.</p>	<p>¿Qué contextos situacionales se adaptan mejor a los objetivos de aprendizaje?</p> <p>¿Cuál es el papel de los participantes (instructor, aprendiz/usuario) en la creación de</p>

	permite alcanzar los objetivos de aprendizaje.		un contexto situacional para el aprendizaje?
d) Impulsado por el descubrimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Se proponen interacciones que motivan e involucran al usuario. - Se proponen experiencias que vayan revelando información de forma selectiva. - Es importante incentivar y aumentar la participación del usuario. 	Establecer un conjunto de pautas mínimas que permitan la participación activa del usuario.	<p>¿Qué lineamientos se pueden seguir para impulsar las acciones e interacción del usuario dentro de la experiencia de aprendizaje?</p> <p>¿Qué información o incentivos pueden establecerse dentro de la experiencia de aprendizaje para motivar el compromiso y la acción colaborativa?</p>
e) Orientado a la actividad	<ul style="list-style-type: none"> - Los entornos y objetos deben integrarse a una actividad experiencial. - El aprendizaje es el resultado de participar en una actividad experiencial. - Se deben generar momentos de interacción. <p>Si el usuario simplemente observa, las tecnologías de virtualidad se vuelven innecesarias.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las habilidades aprendidas en el entorno virtual deben transferirse o adaptarse al entorno real para que sean útiles. 	Comprobar que los entornos y los objetos contribuyen a generar una experiencia de aprendizaje.	<p>¿Cuál es la narrativa que sumergirá al usuario en la experiencia de aprendizaje?</p> <p>¿Cuáles son las acciones e interacciones clave, dentro de la narrativa, que desencadenarán los momentos de aprendizaje en el usuario?</p>
f) Consecuentemente experimentado	<ul style="list-style-type: none"> - El ensayo y el error son fundamentales para el desarrollo de competencias profesionales. - Los usuarios deben: <ul style="list-style-type: none"> a) Demostrar su capacidad para realizar una tarea o desafío. b) Experimentar las consecuencias de sus 	El usuario debe completar una tarea o desafío específico.	<p>¿Cómo podrán demostrar los usuarios sus habilidades en la experiencia de aprendizaje?</p> <p>¿Cómo será la iteración: prueba, error o retroalimentación en la experiencia de aprendizaje?</p> <p>¿Cuáles serán las consecuencias de los errores que cometa el usuario en la experiencia de aprendizaje?</p>

	<p>acciones al realizar una tarea o desafío.</p> <p>c) Obtener retroalimentación para mejorar su rendimiento en iteraciones posteriores.</p>		
g) Motivación colaborativa	<p>-El aprendizaje es a menudo un trabajo de equipo.</p> <p>- Es importante crear un contexto en el que la colaboración sea necesaria para alcanzar los objetivos</p> <p>- Los entornos y objetos pueden facilitar la colaboración y cocreación entre individuos (sentido experiencial colectivo).</p>	Comprobar si el objeto virtual de aprendizaje facilita la colaboración y cocreación.	<p>¿Cómo se incentivará y recompensará la acción colaborativa y cocreativa por parte del usuario y/o de los equipos?</p> <p>¿La recompensa es intrínseca o extrínseca a la experiencia de aprendizaje?</p> <p>¿Cómo fomentar la colaboración entre individuos?</p>
h) Pensativamente sintetizado	<p>- El proyecto debe concluir con una evaluación que permita hacer una reflexión.</p> <p>- Considerar si la reflexión final se hará de manera individual, en grupo o es dirigida por un instructor.</p>	La actividad debe contemplar un tiempo de reflexión final que permita evaluar la experiencia.	<p>¿Cómo fue experimentada la solución por los participantes?</p> <p>¿Qué beneficio se logró con el sistema de virtualidad?</p> <p>¿Qué evidencia se tiene para sugerir que la solución fue exitosa?</p> <p>¿Cómo serán integradas las reflexiones finales en revisiones posteriores?</p>

Nota. Elaboración propia.

Además, Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009) plantean nueve casos de estudios de los cuales se extraen lecciones y observaciones puntuales que se necesitan considerar como criterios de diseño y evaluación de los objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje.

Tabla 3.15 Casos de estudios de los cuales se extraen consideraciones sobre el diseño y evaluación de los objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje

Caso/lección	Descripción de las lecciones más destacadas
Caso 2	
Lección 1	Es un error asumir que las generaciones más jóvenes cuentan con las habilidades necesarias para utilizar las tecnologías de virtualidad. Es importante crear un plan de orientación y/o capacitación para que el usuario se familiarice con la interfaz y el funcionamiento del sistema virtual.
Caso 4	
Lección 2	El diseñador debe estar familiarizado con el funcionamiento, los alcances y las limitaciones del <i>software</i> .
Caso 5	
Lección 3	El diseñador debe saber gestionar las expectativas que se tienen sobre el proyecto. Es mejor prometer menos y entregar más.
Lección 4	El diseñador debe indicar claramente y por adelantado los beneficios de utilizar las tecnologías de virtualidad.
Caso 6	
Lección 5	Tener a disposición los recursos necesarios para asegurar que el desarrollo y la entrega del proyecto se lleve a cabo.
Caso 7	
Lección 6	Es recomendable que los entornos y objetos virtuales tengan un estilo sencillo (las personas son muy buenas interpretando el mundo en términos simbólicos) para que el tiempo que se ahorre pueda invertirse en otras etapas del proyecto, como el diseño instruccional o el diseño funcional.
Caso 8	
Lección 7	Es importante que se elabore un plan de contingencia para tratar posibles contratiempos durante el desarrollo del proyecto.
Caso 9	
Lección 8	Los objetos y entornos virtuales deben aprovechar las cualidades que tienen las tres dimensiones; de lo contrario, se generará escepticismo respecto al uso de las tecnologías de virtualidad.

Nota. Elaboración propia.

La Organización Internacional de Normalización (ISO), en comunión con la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), propone la norma ISO/IEC TR 23842-2, una estandarización de los parámetros que se deben considerar para crear el contenido de realidad virtual y garantizar el dominio del aprendizaje, la educación y la formación. Para el propósito de esta investigación, a continuación, se presentan los parámetros.

Tabla 3.16 *Parámetros ISO/IEC TR 23842-2 para crear el contenido y garantizar el dominio del aprendizaje, la educación y la formación*

Parámetros	Aspectos a considerar
<i>Datos demográficos del usuario.</i> Características específicas del usuario para adaptar la experiencia.	Edad, género, nivel educativo y nacionalidad.
<i>Verificación del estado del usuario.</i> Tiene como finalidad ofrecer una experiencia accesible y adaptada a las necesidades del usuario.	Estado de salud, discapacidades y preferencias personales.
<i>Plan de estudios relacionado con contenidos.</i> Permite diseñar una experiencia de aprendizaje adecuada.	Plan de estudios, asignatura, grado y competencias.
<i>Estado del dispositivo de acceso.</i> Este parámetro asegura que el usuario acceda y utilice el dispositivo de acceso sin problemas técnicos.	Nivel de batería, <i>software</i> y <i>hardware</i> adecuados, buen estado de conexión.
<i>Mensajes de alerta.</i> Garantizan la seguridad del usuario y una experiencia de aprendizaje adecuada.	Mensajes legales, de advertencia y precauciones antes, durante y después de que termine la experiencia.
<i>Espacio de uso.</i> Adapta la experiencia a las limitaciones físicas del usuario	Escala sentada, escala de pie o escala de habitación.

Nota. Elaboración propia.

3.6 Áreas involucradas en la creación de entornos y objetos virtuales tridimensionales

Crear objetos y entornos virtuales tridimensionales implica conocer las áreas esenciales para configurar los gráficos tridimensionales. Aunque no hay un consenso general, se toman en cuenta los manuales de *software* más importantes de desarrollo de gráficos *tridimensionales*, como *Autodesk Maya* (Autodesk, 2023), *Cinema 4D* (Maxon, 2023) y *Blender* (Blender Foundation, 2023) para definir las siguientes áreas:

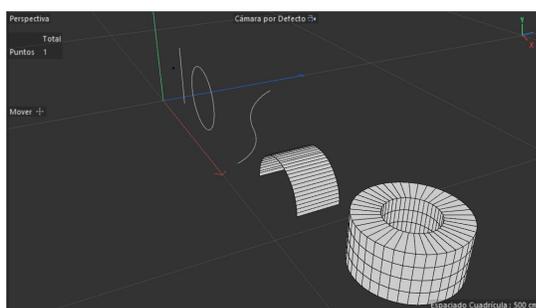
a) *Modelado*. El modelado es el arte de crear una superficie que imita la forma de un objeto del mundo real o expresa su imaginación en objetos abstractos (Blender Foundation, 2023). Para llevar a cabo el modelado, existen muchos procesos distintos. A continuación, se presentan cuatro de los más utilizados actualmente.

- *Modelado paramétrico basado en curvas y superficies*. Es un enfoque de modelado en donde se utilizan parámetros y relaciones matemáticas para generar objetos cuyas propiedades son ajustadas modificando su valor.

En el modelado paramétrico basado en curvas y superficies los objetos se construyen uniendo dos o más puntos con los cuales se forman líneas, curvas y figuras poligonales. A su vez, la combinación de dichos elementos genera superficies (*Surfaces*).

Es importante señalar que el modelado paramétrico utiliza distintos tipos de curvas, como *splines*, *NURBS*, *bézier*, *hermite*, *catmull-rom*, etc. cada una con sus propias características y ventajas.

Figura 3.5 Elementos paramétricos



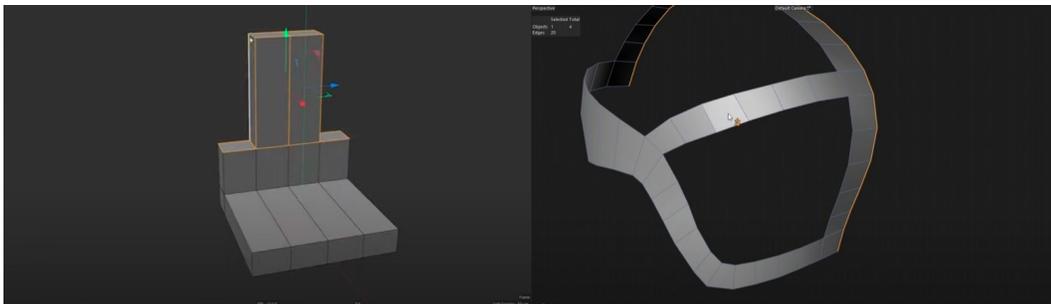
Nota. En la imagen se observan los elementos paramétricos básicos como puntos, líneas, curvas, figuras poligonales y superficies [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

- *Modelado de caja y modelado de mallas*. El modelado de caja parte de un objeto primitivo (generalmente un cubo o una esfera) del que se generan nuevas formas volumétricas (Blender Foundation, 2023). Se trata de un tipo de modelado en donde

se controlan las partes fundamentales del objeto como vértices (*vértex*), aristas (*edges*) y superficies (*surfaces*), y se utilizan técnicas como la extrusión, los cortes en bucle y los biselados.

El modelado de mallas, es similar al modelo de caja, solo que en vez de partir de un objeto primitivo inicia con una figura poligonal (generalmente un cuadrado) que se va uniendo a otros polígonos compartiendo vértices y bordes.

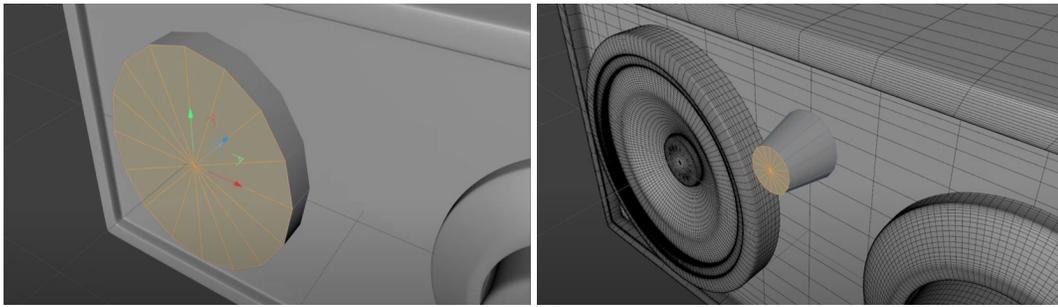
Figura 3.6 Modelo de caja



Nota. (Izquierda) Modelado de caja que parte de un poliedro cuadrangular. (Derecha) Modelado de malla que parte de un polígono cuadrado [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

- *Modelado poligonal.* Es una técnica de modelado en donde se unen y extruyen objetos poligonales para crear volúmenes con nuevas formas cuyos procesos booleanos no son permanentes, es decir, es un proceso en donde los valores de los objetos se pueden cambiar en cualquier momento (flujo de trabajo no destructivo). Sin embargo, si se requiere hacer un modelo final de una sola pieza, es necesario unir las mallas individuales de las partes que lo componen, lo que a su vez genera una malla irregular que es necesario corregir en un proceso que se conoce como retopología.

Figura 3.7 Modelo poligonal

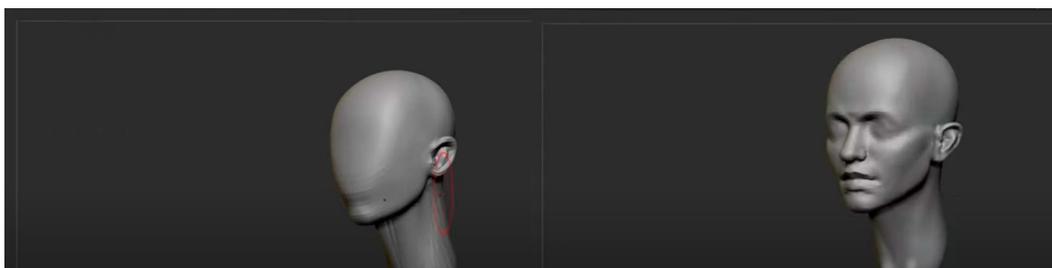


Nota. En la imagen, se observa un modelo cuyas partes son objetos poligonales con sus propias mallas individuales [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

- **Modelado escultórico (sculpting).** Es un tipo de modelado que intenta imitar la forma en la que se trabaja la escultura con materiales blandos, como la arcilla o plastilina (Maxon, 2023). Se trata de un proceso en donde se esculpe un objeto simple de alto poligonaje hasta llegar al modelo final, generalmente más complejo. Existe un paso posterior al proceso de modelado conocido como *bakeado (bake)*, el cual tiene como objetivo reducir la cantidad de polígonos del modelo final manteniendo los detalles finos del esculpido.

Es importante señalar que el proceso de modelado se realiza con la ayuda de pinceles digitales que le dan un sentido tradicional y natural que es ideal para crear formas orgánicas.

Figura 3.8 Modelo escultórico



Nota. Parte del proceso del modelado escultórico de un rostro humano [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

b) *Simulación física, y dinámica.* Son técnicas para simular fenómenos físicos del mundo real, como el movimiento, la colisión o la reacción de fuerzas, en donde se aplican leyes como la gravedad, la fricción, la elasticidad, la masa o la inercia (Blender Foundation, 2023) para crear una gran cantidad de efectos dinámicos que incluyen la simulación de partículas para generar humo, fuego, chispas, explosiones, etc.; la simulación de fluidos para generar agua, lodo, aceite, etc.; y la simulación de cabello para crear pelaje, telas, ropa, por ejemplo.

- Simulación de partículas y física de fluidos. La simulación de partículas es un proceso en el cual se genera una gran cantidad de partículas que son liberadas. Cada partícula puede ser estática o estar sujeta a un efector dinámico (*dynamics*) que reacciona a la influencia de diferentes fuerzas físicas. Las partículas dinámicas permiten constituir fuego, humo, niebla y polvo (Blender Foundation, 2023). La física de fluidos es un proceso que se utiliza para simular las propiedades físicas de los líquidos y fluidos, como el agua, el lodo y el aceite.

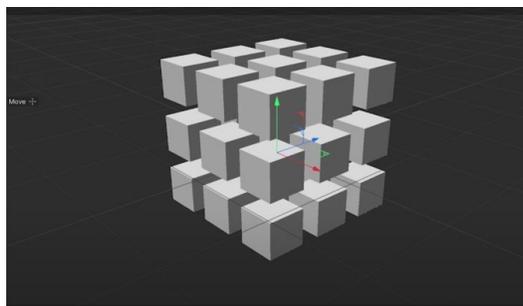
Figura 3.9 *Ejemplo de partículas sujetas a un efector dinámico*



Nota. Partículas aplicadas sobre la superficie de una esfera que están sujetas a un efector dinámico para generar un efecto de fuego [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

- *Generadores*. Es una categoría que clasifica a los recursos que se utilizan para crear geometrías derivadas. Algunos ejemplos de generadores son los clonadores (*cloners*), que sirven para duplicar objetos; las matrices (*matrix*), que duplican objetos y los distribuyen en patrones o posiciones específicas, y las fracturas (*fracture*) que rompen o fragmentan un objeto en partes más pequeñas (Maxon, 2023).

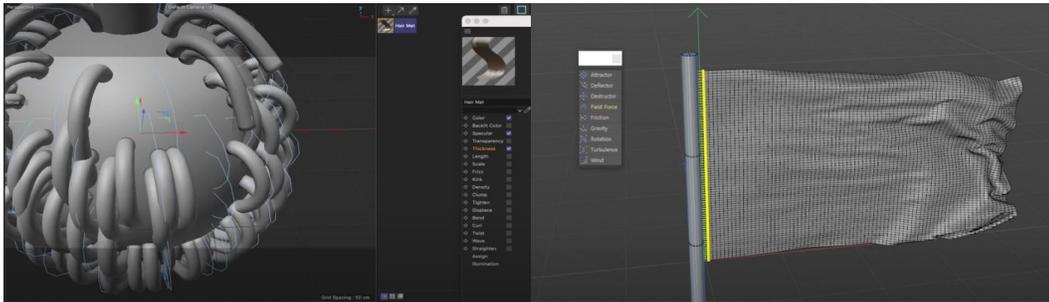
Figura 3.10 Ejemplo de geometría derivada



Nota. Matriz aplicada a un cubo para multiplicarlo [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

- *Simulación de cabello/pelaje y simulación de tela/paño*. Aunque normalmente ambas categorías se tratan de forma separada, comparten un proceso especializado cuyo objetivo es añadir detalles realistas a las entidades virtuales. La categoría de simulación de cabello/pelaje (*hair*) implica un proceso en donde se crean finos elementos de tipo filigrana; por ejemplo, el cabello, el pelaje, las plumas, la pelusa o la hierba que pueden ser aplicados sobre una superficie (Maxon, 2023). En cuanto a la categoría de simulación de tela/paño (*cloth*), hace referencia a un proceso mediante el cual se imita el comportamiento de los objetos textiles, tales como ropa, banderas o pancartas.
Si se combina un modificador de superficie (para imitar el movimiento de la tela) con un deformador (para hinchar o inflar objetos), se pueden crear osos de peluche, almohadas, globos o pelotas (Blender Foundation, 2023).

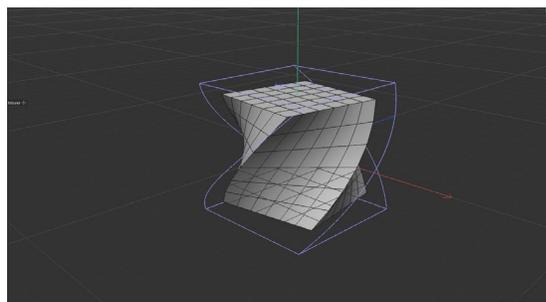
Figura 3.11 Ejemplo de cabello y tela



Nota. (Izquierda) Adición de cabello a una esfera. (Derecha) Efecto *cloth* aplicado en una superficie para crear una bandera ondeante [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

- **Modificadores/deformadores.** Son recursos que sirven para cambiar las propiedades y las características físicas de un modelo (Maxon, 2023). Los más populares son:
 - Deformadores (también llamados modificadores de forma). Permiten doblar, abultar, sesgar, afilar o enroscar.
 - Modificadores de ruptura. Sirven para explotar, fundir o romper.
 - Modificadores de cuerpo blando. Su función es sacudir (*jiggle*), aplastar o estirar.
 - Modificadores de superficie. Permiten colisionar, cubrir o envolver.

Figura 3.12 Ejemplo de modificador



Nota. Deformador para enroscar aplicado sobre un cubo [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

d) *Recursos de interacción*. Los autores Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009), así como diversas guías de referencia de software como Autodesk Maya (Autodesk, 2023), Cinema 4D (Maxon, 2023), Blender (Blender Foundation, 2023) y Unity (Unity Technologies, 2023), mencionan algunos recursos que no entran en ninguna categoría, y, sin embargo, se encuentran presentes en la interfaz y los entornos virtuales tridimensionales. Se trata de recursos que están relacionados con la interacción y la navegación, cuya clasificación tentativa se muestra a continuación:

- Controles de interacción y manipulación de objetos. Son recursos que le permiten al usuario agarrar, mover/trasladar, rotar, escalar o deformar un objeto virtual generando un cambio en su apariencia, propiedades y/o comportamiento.
- Controles de movimiento. Son recursos para hacer zoom, girar, avanzar, retroceder, saltar, volar, etc. En otras palabras, generan un cambio en la posición y ángulo de visión del usuario para darle otra perspectiva.
- Desencadenadores de eventos. Son recursos destinados a desencadenar un cambio o una serie de cambios en los componentes de un sistema virtual. Estos son diseñados para responder de manera directa o indirecta a las acciones del usuario (por ejemplo, al apretar un botón o posicionarse dentro de un área específica), pero también son programados para que se activen en un momento determinado.
- Puntos de interés y elementos de señalización. Recursos que utilizan las propiedades y atributos visuales de los objetos (color, tamaño, forma, etc.) para hacer destacable un elemento o indicar una ubicación importante. Algunos ejemplos son figuras pulsantes, letreros, flechas, señalización de una ruta por medio de un color específico, entre otros.
- Indicadores de ubicación. Gracias a este recurso se puede conocer tanto la posición del usuario como la posición de otros elementos dentro del entorno virtual. Los indicadores de ubicación más comunes son los mapas.

- Puntos de control. Recursos para transportar al usuario de un lugar a otro, retomar la navegación desde el último punto en que hizo un guardado o desde el último punto de conexión que tuvo con el sistema.
- Niveles de acceso y áreas restringidas. Son recursos que pueden ser desbloqueados una vez que se cumplen ciertas condiciones.

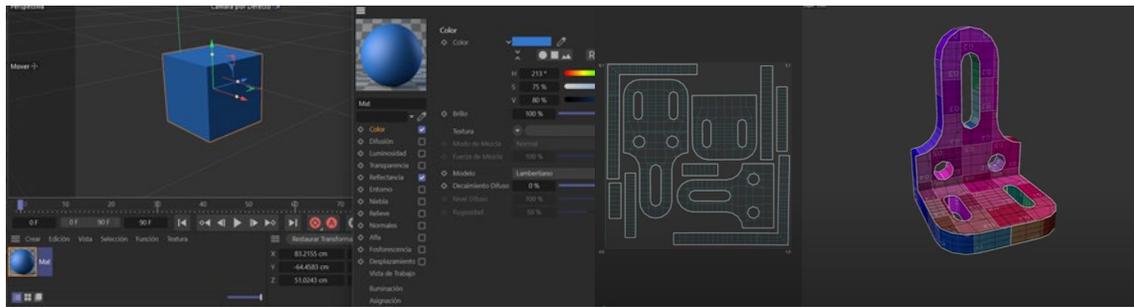
Figura 3.13 Ejemplo de recursos de interacción aplicados



Nota. Mapa del videojuego Zelda tears of the kingdom, en donde se observan algunos recursos de interacción aplicados, como controles de movimiento (recursos para hacer zoom y navegar por el mapa), puntos de interés (representados por iconos de color azul) e indicador de ubicación (representado por una flecha amarilla) [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

c) *Material y texturizado UV (UV mapping)*. El material y texturizado UV agrega detalles visuales a los objetos y entornos virtuales con el propósito de mejorar su apariencia. Un material aplicado a un modelo permite cambiar los atributos de color, difusión, luminosidad, transparencia, reflectancia o fosforescencia. El texturizado UV es un proceso que consiste en colocar una imagen, secuencia o película, en un material que se aplica sobre la superficie de un modelo (Blender Foundation, 2023).

Figura 3.14 Materiales y texturizado UV (UV mapping)

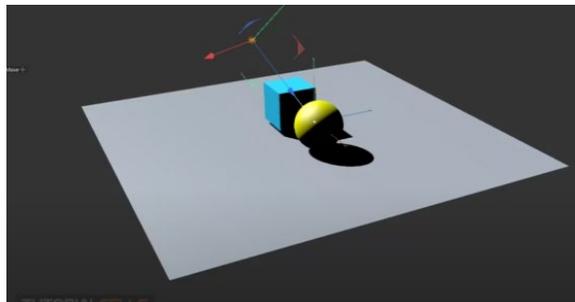


Nota. (Izquierda) Material con atributo de color azul aplicado en un cubo. (Derecha) Mapa de coordenadas UV aplicado sobre un modelo [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

d) Iluminación (*lighting*) y sombras (*shading*). Ambos procedimientos simulan la física de luz y sombras del mundo real. Existen fuentes de iluminación de varios tipos, las más destacadas son las siguientes: luz puntual, direccional, de área, ambiental y de alto rango dinámico (*high dynamic range image*), todas permiten ajustar parámetros como la intensidad, color, dirección, atenuación, brillo, contraste, entre otros (Autodesk, 2023).

Las sombras funcionan en conjunto con las luces para añadir valor a las escenas definiendo los objetos y su ubicación. Las sombras se ajustan a través de distintos parámetros como el color, la densidad, la transparencia, el radio, por mencionar algunos.

Figura 3.15 Objetos iluminados con una luz focal

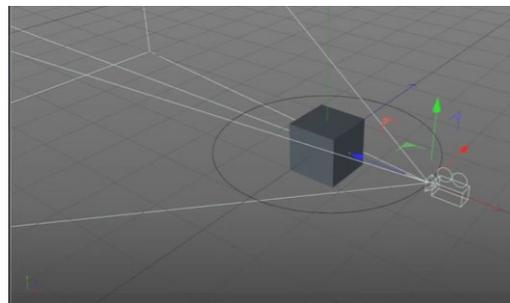


Nota. Iluminación focal aplicada a una escena [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

e) *Dirección de cámaras.* Proceso en donde se crean, posicionan y configuran las cámaras virtuales (las cuales representan el punto de vista del observador) para lograr el enfoque deseado. Existen muchos tipos de cámaras: la cámara fija, que muestra un escenario desde un ángulo definido; la cámara de seguimiento, que mantiene un objeto, centrado a la vista; la cámara en primera persona, que muestra la vista desde la perspectiva de una persona o personaje; la cámara en tercera persona, que muestra a una persona o personaje desde una perspectiva externa; y, finalmente, la cámara panorámica, que muestra una vista amplia de la escena. Cada una tiene su propia utilidad y su elección, todo depende de los objetivos narrativos del proyecto a desarrollar.

Además, existen atributos que se tienen que considerar en el manejo de las cámaras virtuales, los más importantes son la configuración, que involucra propiedades intrínsecas de las cámaras como la distancia focal, la apertura, el enfoque, el ángulo de visión, entre otros; el encuadre, que ayuda a delimitar los elementos que quedan dentro y fuera del rango de visión de la cámara, y, por último, el movimiento, que agrega dinamismo a la escena e involucra aspectos como el seguimiento, la inclinación y los giros.

Figura 3.16 Cámara implementada en una escena

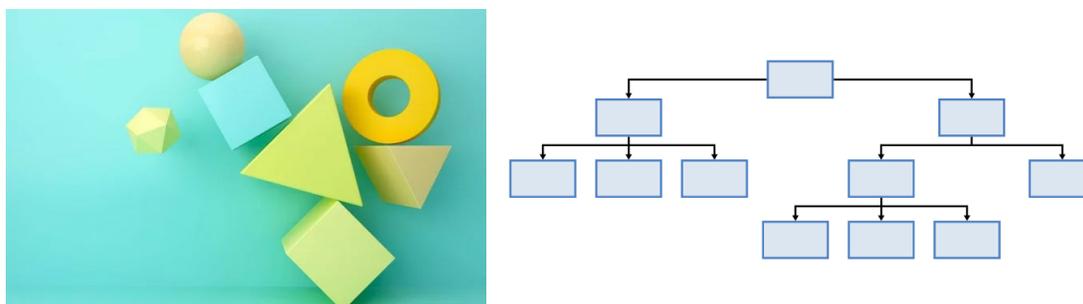


Nota. Vista general de una cámara implementada en una escena [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

f) *Composición y estructura de navegación.* En conjunto permiten la distribución y organización de los objetos dentro de un sistema virtual. La composición está relacionada con la distribución, la coherencia y el balance que debe haber entre los distintos elementos

para que el sistema virtual se vea armonioso y agradable a la vista. Los puntos clave a considerar en la composición están relacionados con las propiedades de los elementos como el color, el tamaño, la forma, la textura, el movimiento, etc., así como con las propiedades adicionales que afectan la relación entre ellos, por ejemplo; la distancia/proximidad, superposición, alineación, orientación, posición, distribución, dirección, estilo, jerarquía, entre otros. Al igual que la composición, la estructura de navegación está relacionada con la distribución de los elementos dentro de un entorno virtual, pero se enfoca en facilitar la ubicación de los contenidos e información. Existen muchas estructuras de navegación a considerar, como las siguientes: lineal, jerárquica, radial, de red, reticular, aleatoria entre otras, las cuales se pueden recorrer mediante el uso de diversos elementos y recursos como menús, pestañas, botones, buscadores de etiqueta o palabras clave, solo por mencionar algunos.

Figura 3.17 Ejemplo de composición

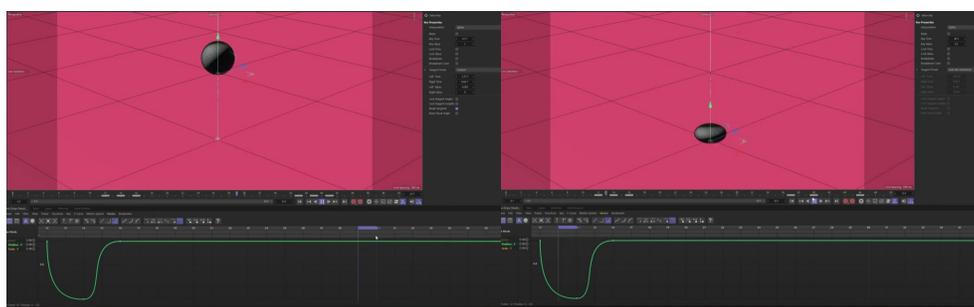


Nota. (Izquierda) Composición en donde se exponen algunos objetos volumétricos. (Derecha) Estructura de navegación jerárquica que muestra la conexión de los escenarios en los que puede navegar el usuario [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

g) Animación. El proceso de animación permite que un elemento se mueva o cambie de forma con el tiempo (Blender Foundation, 2023). Consiste en generar una secuencia de imágenes fijas llamadas cuadros (*frames*), cuya velocidad de reproducción, medida en cuadros por segundo (*frames per seconds-FPS*), crea la ilusión de movimiento.

Para realizar una animación se utilizan los cuadros clave (*keyframes*) que definen cuál será el estado específico de un objeto en un cuadro determinado. Una vez se establecen los cuadros clave, el software interpola sus parámetros en los cuadros intermedios creando una transición suave y continua entre los cuadros clave. Prácticamente, cualquier parámetro de un objeto puede ser animado mediante su modificación; por ejemplo, posición, rotación, escala, color, textura, etcétera.

Figura 3.18 Animación de una esfera

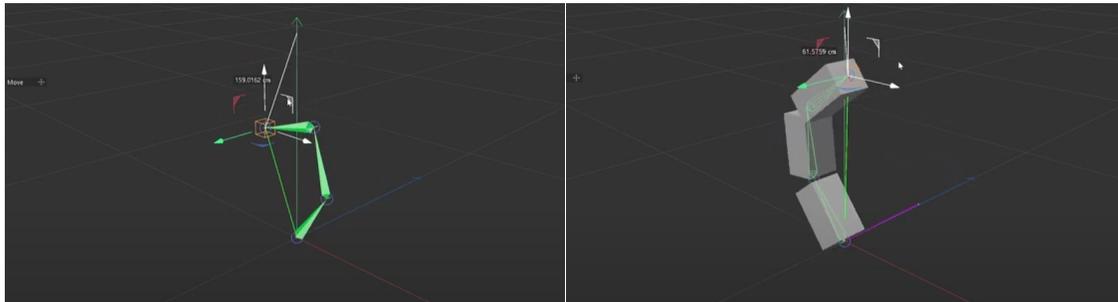


Nota. Línea de tiempo en donde se observa la animación de una esfera [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

i) Creación de esqueleto (rigging). Es un proceso que consiste en crear un esqueleto que se asigna a un objeto para articularlo de forma controlada (Blender Foundation, 2023).

A grandes rasgos, el proceso de *rigging* inicia con la creación de los huesos (*bones*) que conforman el esqueleto del modelo. Cabe mencionar que dichos huesos deben colocarse de manera estratégica, porque sus puntos de enlace conforman a su vez los puntos de articulación y deformación del modelo. El siguiente paso es crear los controles o controladores (*rig*) que facilitan la manipulación del esqueleto y del modelo en sí mismo. Dichos controles suelen ser objetos simples, tales como cuadrados, cubos, círculos, esferas o iconos. El último paso es establecer los restrictores (*constraints*) que sirven para limitar el movimiento y que garantizan que el modelo no se deforme o se comporte de manera extraña durante la animación.

Figura 3.19 Esqueleto implementado en una serie de poliedros cuadrangulares

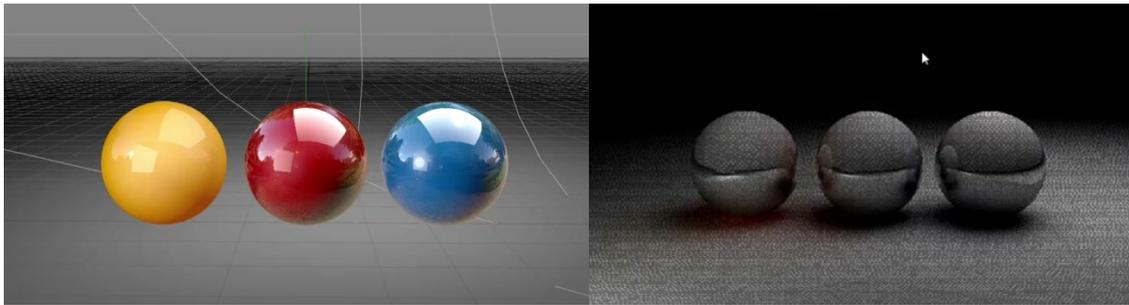


Nota. Esqueleto implementado en una serie de poliedros cuadrangulares, en donde se observan los huesos (representados por unos polígonos de color verde) y los puntos de articulación entre ellos [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

j) Renderizado (rendering). Es un proceso con el que se genera una imagen o serie de imágenes a partir de la información y de los datos de una escena tridimensional (Blender Foundation, 2023). El renderizado convierte la geometría, texturas, los materiales, las luces y las cámaras del modelo en una imagen o secuencia de imágenes bidimensionales (Maxon, 2023).

Durante el proceso de renderizado, se aplican técnicas de sombreado e iluminación para determinar cómo actúan dichas propiedades con el modelo y cómo se ve todo desde la perspectiva de la cámara. Cada motor de renderizado tiene sus propias características, filtros y opciones de ajuste que afectan la calidad y el estilo, como las siguientes: la iluminación global, la oclusión ambiental, las propiedades cáusticas, las propiedades de fosforescencia, el suavizado espacial (*antialiasing*), el efecto estereoscópico, entre otros.

Figura 3.20 *Renderizado de una escena*



Nota. (Izquierda) Escena con esferas de colores en sombreado rápido. (Derecha) Proceso de renderizado [Captura de pantalla]. Elaboración propia.

3.7 Software utilizado en la creación de gráficos tridimensionales por computadora

El *software* utilizado en la creación de gráficos tridimensionales por computadora permite a diseñadores, comunicadores visuales, artistas y desarrolladores crear objetos, entornos y sistemas virtuales tridimensionales que son experimentados de manera inmersiva. Dicho software se clasifica de acuerdo con su área de especialización, por lo que, aunque no hay una categoría general, se propone la siguiente:

a) *Software de modelado tridimensional*: Son aquellos programas que crean modelos a través de distintos procesos como el modelado paramétrico basado en curvas y superficies, el modelado de caja, el modelado de mallas, el modelado poligonal, el modelado escultórico, entre otros. A continuación, se describen dos tipos de *software* con base en el tipo de modelado en el cual se especializan:

- Software de modelado geométrico. Se centra en la creación de modelos basados en líneas, planos, formas y geometría perfectamente definida. Algunos ejemplos son:
 - *Maya*. Es un *software* informático de pago dedicado al desarrollo de gráficos tridimensionales por ordenador. Surge de la evolución de PowerAnimator y, actualmente, pertenece a la empresa Autodesk. Maya es un programa de pago que está disponible para los sistemas operativos Microsoft Windows, Linux y MacOS.

- *Cinema 4D*. Es un programa de pago para la creación y edición de gráficos tridimensionales desarrollado por la compañía alemana Maxon. Se caracteriza por su interfaz intuitiva, que es similar a la de otros programas de diseño bidimensional como Illustrator, After Effects o Photoshop. Cinema 4D está disponible para los sistemas operativos Microsoft Windows y MacOS.
- *Blender*. Es un *software* libre dedicado a la creación de gráficos tridimensionales desarrollado por la Fundación Blender. Se distingue por su versatilidad, la cual está relacionada a su naturaleza de código abierto que permite su actualización constante.
- Software de modelado orgánico. Se centra en la creación de modelos basados en curvas fluidas y formas suaves, a menudo inspiradas en la naturaleza. Algunos ejemplos son:
 - *ZBrush*. Es un software de pago que se especializa en el modelado escultórico y es desarrollado por la empresa Pixologic. Es utilizado por empresas reconocidas a nivel internacional, tales como Industrial Light and Magic, Weta Digital, Epic Games y Electronic Arts entre otras. Fue a partir de la versión cuatro del programa que también se agregaron integraciones para otros programas de gráficos tridimensionales como Autodesk Maya, 3Ds Max, Lightwave 3D, Poser Pro y Blender.
 - *Mudbox*. Es un programa de pago especializado en el esculpido digital. Fue creado por artistas de Weta Digital y actualmente es desarrollado por la empresa Autodesk. Una de sus principales características es la facilidad de uso de las herramientas y la forma intuitiva en la que está dispuesta la interfaz.
 - *3D-Coat*. Es un software comercial de escultura digital desarrollado por la empresa Pilgway. Al igual que otros programas de su tipo, cuenta con diversas herramientas que permiten esculpir, agregar topología poligonal (automática o manualmente), reconstruir mallas, crear mapas UV

(automática o manualmente), pintar, texturizar, renderizar, entre otras funciones.

b) Software para la creación de entornos virtuales: Comúnmente llamados motores de videojuegos; son programas que se especializan en la creación de espacios digitales tridimensionales para el diseño, la creación y el funcionamiento de diversos aplicativos virtuales (véase el apartado 2.8 del presente documento). Cuentan con herramientas de renderizado (para gráficos 2D y 3D), herramientas gráficas, herramientas para simular físicas, herramientas para poder crear e integrar animaciones, scripts, sonidos, inteligencia artificial, entre otros. Algunos ejemplos destacados de este tipo de programas son:

- *Unity*. Es un motor de videojuegos gratuito desarrollado por Unity Technologies. Actualmente es una de las herramientas más populares para la creación de aplicativos basados en lenguaje C# y Java. Uno de sus puntos fuertes es su compatibilidad con otros sistemas (Xbox, Nintendo, Playstation, Android, iOS, Windows, etc.) y programas (3ds Max, Adobe Photoshop, Maya, Blender, Cinema 4D, etc.). Otra de las ventajas de Unity es su gran comunidad que pone a disposición una colección exhaustiva de documentos, tutoriales y cursos disponibles en YouTube, Udemy y otras páginas web.
- *Unreal Engine*. Es un *software* para la creación de entornos virtuales de acceso público y gratuito que es desarrollado por la compañía Epic Games. Originariamente, Unreal Engine se pensó como un motor de videojuegos para programadores, pero, gracias a su versatilidad, poco a poco ha sido utilizado en sectores tan variados como la ingeniería, la arquitectura, el diseño y el arte. Unreal Engine permite crear aplicativos virtuales tridimensionales basados en el lenguaje C++ y es compatible con una gran variedad de sistemas, tales como Microsoft Windows, macOS, Linux, SteamOS, HTML5, iOS, Android, PlayStation, Nintendo, Xbox One, Steam VR, HTC Vive, Oculus Rift, Google Daydream, OSVR y Samsung Gear VR.
- *Godot*. Es un motor de videojuegos de acceso libre y código abierto que fue desarrollado por la empresa argentina OKAM Studios, y liberado en 2014 bajo la licencia MIT (licencia de software que se origina en el Institute Technology

Massachusetts). Godot soporta varios lenguajes de programación, como C++ y C#, que pueden emplearse para la creación de videojuegos y aplicaciones. Además, su comunidad mantiene soporte para otros lenguajes como JavaScript. Godot funciona en diversos sistemas como; Windows, OS X, Linux y Android.

Es importante señalar que existe una amplia variedad de *software* relacionado con la creación de espacios y objetos virtuales tridimensionales, así como también de *software* especializado en otras áreas esenciales para el desarrollo de gráficos tridimensionales (como las que se exponen en el apartado 3.6). Como ejemplo se pueden mencionar programas especializados en la creación de: cabello, telas, materiales, iluminación, animaciones, personajes, renderizado, entre otros. No obstante, se optó por omitir su descripción en el presente documento con la finalidad de lograr una mayor concreción y énfasis en los aspectos esenciales de la investigación.

4. MODELOS Y MÉTODOS PARA EL DESARROLLO DE SISTEMAS DE VIRTUALIDAD

Para crear y desarrollar entornos y objetos virtuales tridimensionales es importante contar con un modelo o método que sirva como referencia durante el proceso de creación. En este sentido, un modelo es una herramienta conceptual que ayuda a entender una idea, objeto, sistema, proceso o fenómeno mediante una representación simplificada, mientras que un método es la forma en que se ponen en práctica un conjunto de pasos para lograr un objetivo, obtener un resultado y llegar a una conclusión.

4.1 Modelo sistémico para el desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje

Considerar un modelo para el desarrollo de un objeto y entorno virtual tridimensional de aprendizaje permite tener una descripción anticipada y clara de la estructura, la presentación y el funcionamiento de la experiencia, lo que facilita su proceso de diseño y planeación.

4.1.1 Modelos

El uso de modelos se remonta a la época de la antigua Grecia, en donde se usaban para ilustrar los estudios que se hacían sobre la naturaleza. A partir de entonces, los modelos han sido abordados desde distintas perspectivas disciplinares. En el siglo veinte, Marx Wartofsky (1968) plantea que:

Un modelo es una versión derivada o representada de un objeto original, en donde el intento de representación puede ser abstracto o concreto.

Marco Brambilla et al. (2017) proponen una definición más reciente en el campo de las ciencias de la computación, la cual establece lo siguiente:

Podemos definir informalmente un modelo como una representación simplificada o parcial de la realidad, definida para realizar una tarea o alcanzar un acuerdo sobre un tema. Por lo tanto, por definición, un modelo nunca describe la realidad en su totalidad.

Donald Norman (2013) desde el campo de las ciencias de la computación y el diseño, establece que:

Un modelo es una representación que proporciona una forma clara de recordar y comprender un mapeo ya que ofrece una explicación simplificada sobre su funcionamiento. [En este caso, el término mapeo se refiere a la presentación de una idea, objeto, sistema, proceso o fenómeno, compuesta por los elementos, las acciones y el resultado esperado].

Además, Norman (2013) menciona que un modelo no requiere estar completo ni ser preciso, lo importante es que sea útil cuando se le necesite.

De acuerdo con las definiciones presentadas, se podría decir que un modelo es una representación simplificada y abstracta de una idea, objeto, sistema, proceso o fenómeno que se utiliza para comprender, predecir o simular un comportamiento. Los modelos como herramienta son fundamentales para la investigación y el desarrollo de nuevas teorías y aplicaciones prácticas en diferentes campos. Según los trabajos de Peter Achinstein (1968), Ronald N. Giere (1991), Rosaria Justi (2003) y Daniela M. Bailer-Jones (2002), los modelos presentan las siguientes características:

- *Son representaciones.* Es un modelo siempre está vinculado con la idea, objeto, sistema, proceso o fenómeno que está representando.
- *Son instrumentos.* Los modelos se emplean para obtener información que no es accesible directamente.
- *Son análogos a la realidad.* Aunque no son exactamente iguales, guardan ciertas analogías con lo que representan.
- *Son diferentes a la realidad.* En general, los modelos suelen ser más sencillos que aquello que representan, ya que la realidad, al ser tan compleja, es representada excluyendo los componentes o propiedades que no resultan esenciales.
- *Se construyen.* Es un compromiso de analogías y diferencias entre las ideas, los objetos, los sistemas, los procesos o los fenómenos y lo que se está representando de ellos en el modelo.
- *Se desarrollan de manera interactiva a lo largo de la historia.* La experiencia empírica permite revisar y modificar los supuestos que lo fundamentan.

Es importante mencionar que los modelos siempre son perfectibles, debido a que representan los rasgos esenciales de una realidad compleja, por lo que siempre se les puede ir sumando componentes excluidos que implican un margen de error inherente, que, si bien no desaparece, existe la posibilidad de reducirlo tomando en cuenta las siguientes acciones:

- Hacer una selección rigurosa de los componentes del modelo.
- Tener mayor precisión en las formas de medición que permiten hacer una selección de los componentes.
- Aumentar la complejidad del modelo (es decir, integrar un mayor número de componentes a considerar).

4.1.2 Sistemas y enfoque sistémico

Desde sus orígenes, el ser humano ha intentado comprender y explicar los fenómenos de la realidad. Con el paso del tiempo, se han desarrollado distintas formas de pensamiento para lograr ese objetivo. Actualmente, uno de los enfoques más relevantes es el

pensamiento sistémico, también conocido como teoría de sistemas, el cual busca comprender la dinámica de la realidad de manera holística. Dicho enfoque se basa en la idea de que el mundo está constituido por partes interconectadas que son seleccionadas y agrupadas en un sistema. Cualquier cambio en ellas implica un impacto en las otras partes y en el sistema como totalidad. El pensamiento sistémico es una herramienta poderosa que se utiliza en distintas áreas de actividad y desarrollo humano. Peter Senge (2012) presenta la siguiente definición del pensamiento sistémico desde el campo de la tecnología:

El pensamiento sistémico es un marco conceptual, un cuerpo de conocimientos y herramientas que se ha desarrollado en los últimos cincuenta años, para que las partes de una totalidad resulten más claras, y para ayudarnos a modificarlas. Aunque las herramientas son nuevas, suponen una visión del mundo extremadamente intuitiva (...) el pensamiento sistémico permite comprender los aspectos más sutiles de la organización inteligente.

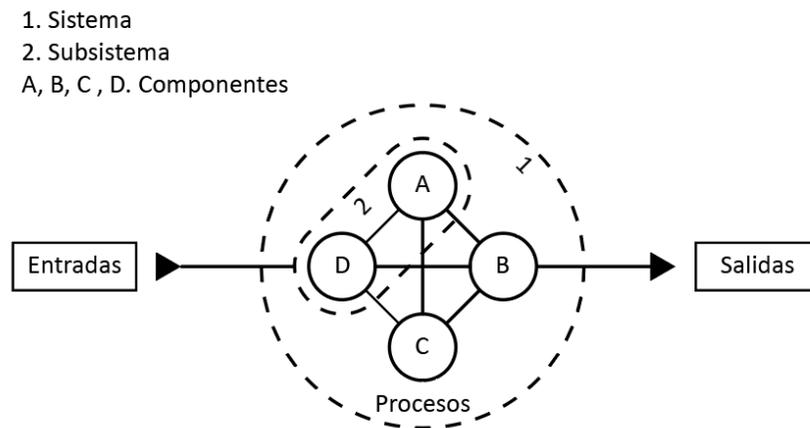
David Peter Stroh (2015) desde el mismo campo disciplinar, propone la siguiente definición:

El pensamiento sistémico es la capacidad de entender las interconexiones entre los elementos de una totalidad, de tal manera que se logra un objetivo. El beneficio del pensamiento sistémico es ayudar a las personas a entender el propósito de un sistema, impulsando a reflexionar y conciliar las diferencias entre lo que se quiere de un modelo y lo que realmente hace.

La necesidad del pensamiento sistémico se debe al incremento de la complejidad en los problemas asociados con el uso de la tecnología, que, a su vez, se derivan de las interconexiones y las relaciones entre diferentes componentes, como los dispositivos físicos, los programas informáticos, la información procesada por los sistemas tecnológicos, los usuarios, los procedimientos y el contexto que rodea al sistema tecnológico. Adoptar un enfoque sistémico permite identificar y abordar las interdependencias (es decir, comprender la complejidad) inherentes a los problemas relacionados con la tecnología para llegar a una solución. Ludwing von Bertalanffy fue uno de los primeros autores que reconocieron y formalizaron los componentes de un sistema y los procesos que ocurren para comprender su funcionamiento global. Dichos componentes se muestran a continuación (Bertalanffy, 1968):

- *Inputs/entradas:* Todo sistema requiere hacer uso de los recursos disponibles en su ambiente. Se denomina input a la importación de los recursos (datos, información, insumos) que se necesitan para iniciar las actividades del sistema.
- *Procesos:* Son las transformaciones que ocurren dentro del sistema para convertir los inputs en outputs.
- *Outputs/salidas:* Son las corrientes de salida de un sistema, es decir, son el resultado, producto o efecto que el sistema genera como consecuencia de procesar los inputs. Se diferencian según su destino en servicios, funciones y retroinputs.

Figura 4.1 Partes que integran un sistema



Nota. Diagrama general que muestra las partes que integran un sistema [Diagrama]. Elaboración propia.

Para describir adecuadamente el comportamiento de un sistema, es necesario conocer la disposición de sus elementos componentes (parte estructural), así como la relación e interacción entre sus partes (Moriello, 2005). Se trata de una totalidad integrada en un sólo y único proceso de aplicación en diversas áreas, como el entretenimiento, la medicina, la arquitectura, la industria y la educación. En el contexto de esta investigación, en el que se

pretende realizar un modelo para desarrollar objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje se consideran los siguientes componentes:

- *Inputs/entradas*. Son aquellos recursos que envían señales al sistema.
- *Procesos*. Transformaciones dentro del sistema que calculan y generan los modelos, simulaciones, materiales, iluminación y, en general, todos los recursos que generan la experiencia.
- *Outputs/salidas*. Obtienen retroalimentación del sistema para transmitir información.

Enfoque Sistémico

La forma en que los sistemas son empleados para entender los fenómenos de la realidad da lugar a diversas vertientes del pensamiento sistémico, cuyas interpretaciones y representaciones resultan más o menos significativas según el objeto de estudio y los objetivos que se desean alcanzar.

El enfoque sistémico es una vertiente que busca la implementación de los sistemas de acuerdo con la disciplina y la teoría desde la cual se aborda el objeto de estudio (a diferencia de las teorías generales que buscan la universalidad y aumentan la abstracción del contenido). Simón (1969) plantea el papel del enfoque sistémico de la siguiente manera:

El enfoque sistémico es la respuesta a una acuciante necesidad de sintetizar y analizar la complejidad, más que el desarrollo de un cuerpo general de conocimientos y técnicas para tratar esa complejidad.

En el contexto de esta investigación, el enfoque adoptado para crear el modelo destinado al desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje se origina en el campo del diseño y la comunicación visual, abarcando el terreno de lo digital y extendiéndose al uso de las tecnologías de virtualidad tridimensionales. En ese sentido, la participación activa de los profesionistas del diseño y la comunicación visual en el desarrollo de objetos y entornos virtuales tridimensionales de aprendizaje les permite aplicar los principios de sus respectivos campos en áreas como el diseño y modelado de objetos y

entornos, el diseño y maquetación de la interfaz de usuario, y el diseño y creación de narrativas visuales atractivas, solo por mencionar algunas.

4.1.3 Nociones de un modelo sistémico para el desarrollo de entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida

Para Ladrière (1978) los modelos son la forma paradigmática de representar los sistemas, es decir, un modelo es una herramienta que describe un sistema en su conjunto. Desde una perspectiva ontológica, es importante reconocer que la realidad es única e indivisible; sin embargo, los seres humanos somos quienes seccionamos una parte de esa realidad y la representamos para su estudio. Así, los modelos simplifican y representan de forma sencilla las ideas, objetos, sistemas, procesos o fenómenos para facilitar su comprensión.

Tanto los modelos como las tecnologías tiene la característica intrínseca de adaptación, por lo tanto, es factible generar un modelo sistémico que se consolide como una referencia general para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida, además proporciona una base sólida para orientar futuras investigaciones que busquen establecer una conexión significativa entre la práctica de los diseñadores y comunicadores visuales, las tecnologías de vanguardia y las perspectivas actuales de instrucción, enfocadas en la multiexperiencia centrada en el usuario.

4.2 Metodologías para el desarrollo de sistemas de virtualidad en tres dimensiones

Ezequiel Ander-Egg y María José Aguilar (1995) señalan que el término método refiere al camino que se debe recorrer para alcanzar un objetivo específico. Aunque los métodos se encuentran tanto en el saber vulgar como en el ámbito científico-filosófico, es en este último donde alcanza su madurez, pues, mientras en el saber vulgar los métodos son reducidos a procedimientos sencillos con el fin alcanzar un objetivo, en la ciencia y filosofía los métodos procuran establecer e instaurar procedimientos que sirvan como estándar para investigaciones y proyectos futuros.

Existen diversos tipos de metodologías para el desarrollo de entornos y objetos relacionados con la educación y las tecnologías de virtualidad tridimensionales. Las que se han seleccionado para esta investigación provienen del campo de la ingeniería. Estas suelen seguir un proceso secuencial progresivo que finaliza con una revisión parcial para determinar si el proyecto está listo para avanzar. A continuación, se presentan las metodologías elegidas:

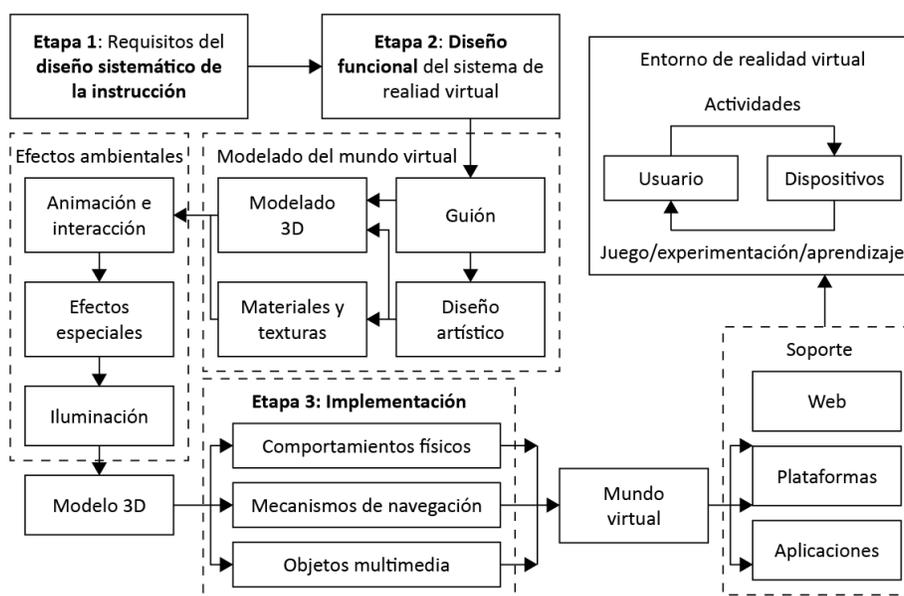
- Metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual [MDSERV] (Torres et al., 2017).
- Metodología de desarrollo de mundo virtual usando VRML [MDMVVRL] (Muñoz L. J., 2019).
- Metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales [MDEET] (Morales et al., 2015).
- Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real [MDAVREVR] (Castaño, 2012).
- Metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada [MCOVARA] (Tovar et al., 2014).

Las metodologías fueron seleccionadas con base en los diferentes tipos de virtualidad (realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual) y en que su enfoque estuviera relacionado con el desarrollo de entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje. Bajo el último parámetro, solo se encontró una propuesta (la metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual), por lo que el grupo de análisis se completó con la anexión de cuatro metodologías cuyo enfoque es de carácter general y está relacionado con la creación de entornos y objetos virtuales tridimensionales. Se tomó esta decisión porque, si bien el objetivo central de la investigación se encuentra relacionado con el desarrollo de un modelo para la enseñanza-aprendizaje, también es importante hacer un análisis de los aspectos que se están considerando dentro del proceso de producción. En los siguientes apartados se presentan a detalle las metodologías seleccionadas.

a) Metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual (MDSERV)

Esta metodología fue elaborada por investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Sus autores son Gonzalo Alberto Torres Samperio, maestro en computación; Anilú Franco Arcega, doctora en ciencias computacionales; Ma. de Jesús Gutiérrez Sánchez, la doctora en ciencias computacionales, y Alberto Suárez Navarrete, maestro en ingeniería de la decisión (Torres et al., 2017).

Figura 4.2 Metodología MDSERV



Nota. Metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual. Tomada de “Metodología para el modelado de sistemas de realidad virtual para el aprendizaje en dispositivos móviles” (p. 9) [Diagrama], por G. A. Samperio, F. Arcega, Ma. de J. Gutiérrez, A. Suárez (2015), <https://core.ac.uk/download/pdf/229036022.pdf>

El propósito de la metodología es determinar los componentes de un ambiente de realidad virtual orientado al aprendizaje, es decir, un ambiente lúdico e interactivo, pensado para dispositivos móviles, en donde los usuarios pueden aprender y experimentar libremente.

Cabe señalar que, en la metodología MDSERV, los usuarios construyen su conocimiento a partir de un enfoque cognitivo (el modelo del procesamiento humano de la información o por sus siglas PHI) que orienta el desarrollo de algunas de sus habilidades de pensamiento, tales como la percepción, la atención, la comprensión, la memoria y el lenguaje. La metodología MDSERV se divide en tres etapas principales que se describen en la siguiente tabla (se encuentra una descripción de la metodología a detalle en la sección 1 de los anexos).

Figura 4.3 *Etapas de la metodología MDSERV*

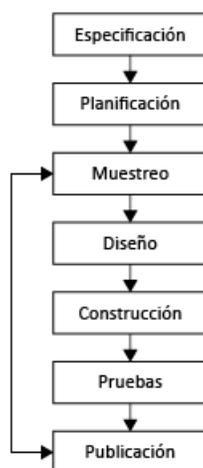
Etapas	Apartados
1. Diseño sistemático de la instrucción	<ul style="list-style-type: none"> -Se establece un panorama general del escenario educativo. - Se determinan los requerimientos instruccionales. - Se hace un análisis de las destrezas y las habilidades que se desean desarrollar en el estudiante. - Se determinan los objetivos de aprendizaje.
2. Diseño funcional del mundo virtual	<ul style="list-style-type: none"> - Se determinan las funciones a realizar en el mundo virtual. - Se decide si la actividad va a ser grupal o individual. - Se lleva a cabo el modelado del sistema o aplicación, así como sus distintas funciones, tomando en cuenta: a) El modelo virtual y b) El ambiente.
3. Implementación	<ul style="list-style-type: none"> - Se establecen los comportamientos físicos, los mecanismos de navegación y la inserción de los componentes multimedia tomando en cuenta: a) El soporte, b) La asignación del comportamiento físico (lenguajes de programación), c) El escenario e interfaz, d) Las explicaciones, instrucciones y actividades (objetos complementarios y lenguajes de marcado), e) La interfaz para dispositivos móviles (sistemas operativos), f) El comportamiento dinámico (tipos de interacción), g) Las herramientas de trabajo para grupos (<i>social media</i>).

Nota. Elaboración propia.

b) Metodología de desarrollo de mundo virtual usando VRML (lenguaje de modelado de realidad virtual) [MDMVVRML]

Fue desarrollada por el ingeniero José Emilio Muñoz Labra, egresado de la Universidad de Concepción. La metodología se divide en siete etapas (Muñoz L. J., 2019).

Figura 4.4 Metodología MDMVVRML



Nota. Etapas de la metodología de desarrollo del mundo virtual usando VRML. Tomada de “Metodología de desarrollo de mundo virtual usando VRML” [Diagrama], por J. E. Muñoz (2019), <https://www.jose-emilio.com/estudios/m1metodologia.htm>

El propósito de la metodología es generar un ambiente virtual tridimensional para acceder a diferentes sitios y páginas de internet. Cabe señalar que el autor pone en práctica la metodología desarrollando un escenario virtual tridimensional, que simula ser una oficina, en donde el usuario puede interactuar con una silla, una lámpara y un estante para libros. La metodología se divide en siete etapas principales que se describen en la siguiente tabla (se encuentra una descripción de la metodología a detalle en la sección 2 de los anexos).

Figura 4.5 Etapas de la metodología MDMVVRML

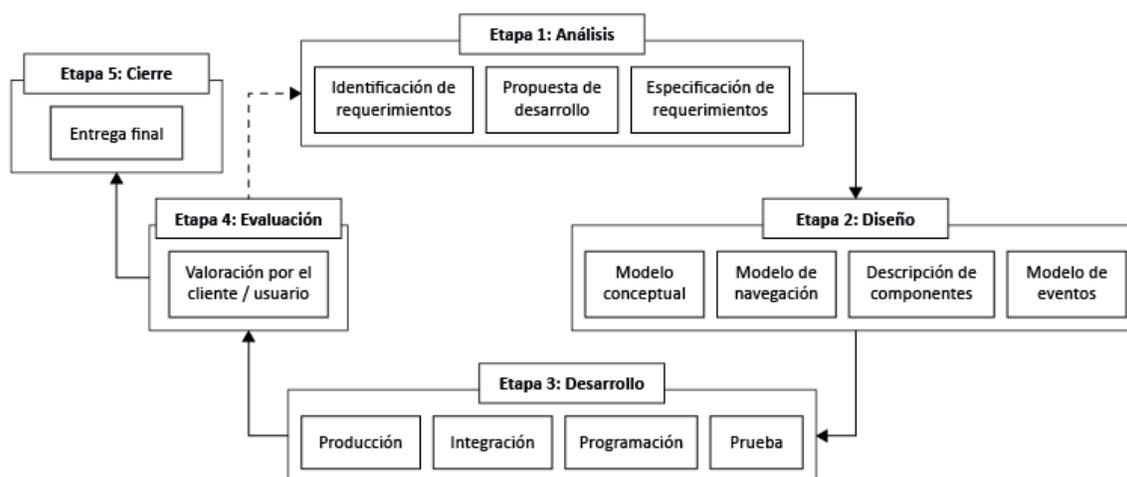
Etapa	Apartados
1. Especificación	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción. Consiste en definir: a) El tipo de proyecto (profesional o artístico), b) El nivel de detalle a alcanzar, c) Las locaciones a modelar, d) La finalidad del proyecto - Perfil del usuario. - Recursos necesarios. Recursos que se van a ocupar en el desarrollo del aplicativo. - Requerimientos funcionales. En este apartado se establecen: a) Las restricciones estéticas y b) Las restricciones técnicas del aplicativo. Ambas permiten definir el modo de interacción con el usuario.
2. Planificación	<ul style="list-style-type: none"> - Se deciden los tiempos y las formas en las que se va a construir el sistema tridimensional dependiendo de si es: a) Un proyecto simple o b) Un proyecto complejo.
3. Muestreo	<ul style="list-style-type: none"> - Se obtiene la información para llevar a cabo el proceso de modelado de los objetos.
4. Diseño	<ul style="list-style-type: none"> - Pasos preliminares en el diseño. Están relacionados con el comportamiento del objeto virtual: a) Identificación de objetos a realizar (lugares, estructuras, ocurrencias o señales y escenarios), b) Especificación de atributos (forma, alto, largo, ancho, color, etc.), c) Identificación de eventos (cambios en los atributos), d) Comunicación entre objetos. - Estructura de ensamblaje. Están relacionados con la posición de los objetos virtuales en los escenarios: a) Instancia en el mismo nivel b) Instancia un nivel más abajo que el objeto. -Propiedades dinámicas. Después de considerar el ensamblado y la organización jerárquica de los objetos es necesario definir el dinamismo que va a existir entre ellos (en este apartado se sugiere hacer un diagrama de interacciones).
5. Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Se puede realizar de cuatro maneras; a) Digitando el código completo, b) Usando herramientas de desarrollo, c) Transformando archivos (reutilizando código), d) Combinando las formas de construcción anteriores.
6. Pruebas	<ul style="list-style-type: none"> Permiten apreciar si el resultado obtenido es el esperado y si efectivamente se ha logrado una representación reconocible.
7. Publicación	<ul style="list-style-type: none"> En esta etapa, se presenta el aplicativo funcionando y se realizan consideraciones adicionales relacionadas con: a) El espacio real/virtual, b) Los techos y pisos del escenario, c) Las cámaras, d) El lenguaje de programación, e) La compresión de archivos.

Nota. Elaboración propia.

c) Metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales (MDEET)

La metodología MDEET fue elaborada por investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de México del Centro Universitario UAEM Ecatepec. Sus autores son Alejandra Morales Ramírez, maestra en ingeniería en sistemas computacionales; Laura Edith Alviter Rojas, maestra en administración; Cuauhtémoc Hidalgo Cortés, maestro en ingeniería en sistemas computacionales; Juan de Jesús Amador Reyes, maestro en ciencias de la computación; Jorge Alfonso Zúñiga Ortega, maestro en ciencias de la computación, y Christian Mejía Bañuelos, licenciado en informática administrativa (Morales et al., 2015).

Figura 4.6 Metodología MDEET



Nota. Etapas de la metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales. Tomada de “Metodología de desarrollo evolutivo de escenarios tridimensionales para la creación de una visita virtual para el Centro Universitario UAEM Ecatepec” (p. 4) [Diagrama], por R. A. Morales, L. A. Alviter, C. C. Hidalgo, J. J. Amador, J. A. Zúñiga (2015), <http://hdl.handle.net/20.500.11799/66936>

El objetivo principal de esta metodología es optimizar la creación de entornos virtuales tridimensionales concretando una serie de etapas. Además de la metodología, los autores presentan una aplicación práctica que consiste en un sistema virtual que funciona como un recurso para la difusión del Centro Universitario UAEM Ecatepec. Dicha aplicación ofrece

un primer acercamiento a las diferentes áreas académicas y los servicios con los que cuenta la institución.

La metodología se divide en cinco etapas principales que, según sus autores, pueden ser aplicadas en proyectos en donde se comprende bien el conjunto de requerimientos básicos, pero en donde los detalles del producto o extensiones aún se tienen definidos (se encuentra una descripción de la metodología a detalle en la sección 3 del apartado anexos).

Figura 4.7 *Etapas de la metodología MDEET*

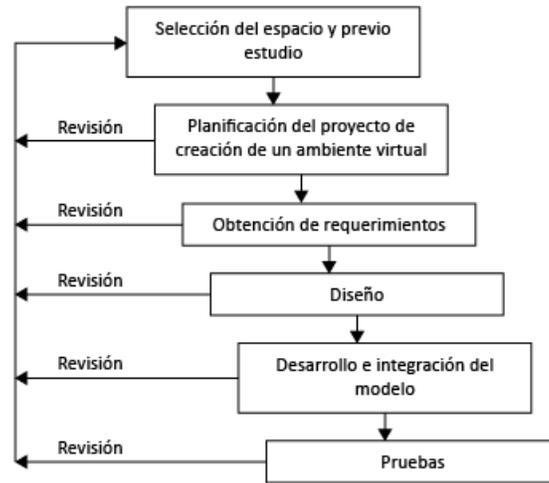
Etapas	Apartados
1. Análisis	- Se definen y comprenden las necesidades del cliente a través de: a) La identificación de requerimientos, b) La propuesta de desarrollo, c) La especificación de requerimientos.
2. Diseño	-Se crean: a) Los modelos conceptuales, b) Los modelos de navegación, c) El modelado de eventos, d) La descripción de las características explícitas e implícitas de cada uno de los componentes (objetos, personajes, escenarios, lenguajes, etc.).
3. Desarrollo	- Se realiza una versión ejecutable considerando: a) La producción de componentes, b) La animación e integración, c) La programación, d) Las pruebas.
4. Evaluación	- El producto final debe cumplir con los requerimientos planteados al inicio del proyecto. - Retroalimentación para valorar algún fallo no conocido por el equipo de desarrollo.
5. Cierre	- Se entrega la versión final, lista para implementarse en un ambiente con usuarios y condiciones reales.

Nota. Elaboración propia.

d) Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real (MDAVREVR)

La metodología MDAVREVR fue elaborada en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Sistemas y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Pamplona como proyecto de titulación. Su autor es Idelson Rafael Castaño Herrera, licenciado en ingeniería de sistemas, quien fue dirigido por Edgar Alexis Albornoz Espinel, maestro en ciencias comunicacionales (Castaño, 2012).

Figura 4.8 Metodología MDAVREVR



Nota. Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real. Tomada de “Metodología para el desarrollo de Ambientes Virtuales” [Diagrama], I. R. Castaño (2012), https://issuu.com/idelcas/docs/metodologia_para_el_desarrollo_de_ambientes_virtua

El objetivo de esta metodología es la simulación de ambientes virtuales mediante el uso de un software libre. La metodología consta de seis etapas: selección del espacio y previo estudio, planificación del proyecto de creación de un ambiente virtual, obtención de requerimiento, diseño, desarrollo e integración del modelo y pruebas (se encuentra una descripción de la metodología a detalle en la sección 4 de los anexos).

Figura 4.9 Etapas de la metodología MDAVREVR.

ETAPA	APARTADOS
1. Selección del espacio y previo estudio	<ul style="list-style-type: none"> - Descripción de los alcances y limitaciones que va a tener el ambiente virtual (objetivos, alcances y límites). - Descripción de los objetos que componen el ambiente virtual (objetivos, alcances y límites).

	- Estudio de factibilidad planteado en cuatro puntos: a) Factibilidad técnica, b) Factibilidad operativa, c) Factibilidad de fecha y d) Factibilidad económica.
2. Planificación del proyecto de creación de un ambiente virtual	- Se determinan las tareas y los tiempos que se deben cumplir, lo que depende de: a) la complejidad de los ambientes virtuales (simples o complejos), b) las restricciones impuestas por el cliente (plazos de entrega y presupuesto destinado para la creación del proyecto).
3. Obtención de requerimientos	- Se especifican las propiedades esenciales y deseables, así como las funcionalidades que va a tener el ambiente virtual. La obtención de requerimientos se lleva a cabo mediante los siguientes pasos: a) Descripción del proyecto, b) Requerimientos (funcionales y no funcionales), c) Formulación de la idea inicial, d) Recursos necesarios.
4. Diseño	- Se obtiene información de diversas fuentes para ubicar los elementos que componen el ambiente y la distancia. Para poder hacer un diseño completo y preciso del ambiente se deben seguir los siguientes pasos: a) Identificar el espacio, b) Identificar los objetos (estructuras, objetos estáticos y objetos dinámicos), c) Describir los atributos, d) Identificar los eventos.
5. Desarrollo e integración del modelo	- Se da forma a los objetos que luego serán utilizados en la escena, para lo cual es necesario: a) Digitar el código completo, b) Usar una herramienta para crear gráficamente el objeto, c) Transformar archivos (reutilizar código), d) Combinar los métodos anteriores. - Se realizan las pruebas de ensamble y modelado del ambiente y los objetos.
6. Pruebas	- Se ajusta y optimiza la calidad del producto identificando defectos y problemas en tres apartados a evaluar: a) Diseño de objetos gráficos (validar los objetos según los requerimientos, comprobar poligonización, validar animación, verificar exportación). b) Programación (validar los objetos según los requerimientos, comprobar importación de los objetos, tiempo de ejecución y animación). c) Pruebas de usuario (instalación del mundo virtual, maniobrabilidad, efectos especiales, tolerancia a errores externos).

Nota. Elaboración propia.

e) Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada (MCOVARA)

La metodología MCOVARA fue desarrollada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cartagena. Sus autores son Luis C. Tovar, José A. Bohórquez y Plinio Puello, integrantes del grupo de Investigación en Tecnologías de las Comunicaciones e Informática, GIMATICA (Tovar y otros, 2014).

Figura 4.10 Metodología MCOVARA



Nota. Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada.

Tomada de "Propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada" [Diagrama], por L. C. Tovar, J. A. Bohórquez, P. Plinio (2014),

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50062014000200003

La MCOVARA es una metodología mixta que combina la metodología de desarrollo de objetos virtuales de aprendizaje AODDEI (análisis, obtención, diseño, desarrollo, evaluación e implementación) y la ingeniería de *software* basada en componentes. Su finalidad es mejorar el proceso de producción de los objetos de realidad aumentada para dispositivos móviles. En concreto, esta metodología se aplicó a un caso de estudio en la Facultad de Odontología de la Universidad de Cartagena con el objetivo de mostrar las estructuras dentales para su estudio individual. Esta metodología se divide en cuatro etapas principales que se describen en la siguiente tabla (se encuentra una descripción de la metodología a detalle en la sección 5 de los anexos).

Figura 4.11 *Etapas de la metodología MCOVARA*

Etapas	Apartados
1. Análisis del negocio	En esta fase, el equipo multidisciplinario se reúne y define los siguientes aspectos: a) Análisis (de la problemática a solucionar, el público al que va dirigido el proyecto, la solución propuesta, las características básicas de los objetos a desarrollar), b) Obtención (de los requerimientos funcionales y no funcionales).
2. Diseño y selección de herramientas	Se diseña la relación de los objetivos, los contenidos informativos, las actividades y la evaluación. También se identifican las herramientas a utilizar. Se definen los siguientes aspectos: a) Diseño (se realiza la organización de contenidos, b) Actividades (acciones a realizar por el usuario), c) Evaluación, d) Identificación de herramientas (que deben adaptarse a las necesidades del proyecto).
3. Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería	- Se realizan los marcadores de realidad aumentada. - Se lleva a cabo la construcción de la aplicación utilizando cada uno de los elementos generados en las fases anteriores.
Evaluación e implantación	En esta fase se realiza: a) La evaluación por personal calificado (que el objeto cumpla con los requerimientos funcionales y no funcionales), b) Evaluación por los estudiantes, c) Implantación (proceso de publicación).

Nota. Elaboración propia.

4.3 Análisis de las metodologías para el desarrollo de sistemas tridimensionales

En este apartado, se hace un análisis de las metodologías que se presentaron anteriormente: metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual (MDSERV), metodología de desarrollo VRML (MDMVVRML), metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales (MDEET), metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real (MDAVREVR) y la propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada (MCOVARA).

En un primer momento, se establecieron las coincidencias que existen entre las metodologías, considerando los nombres y palabras clave de cada una de sus etapas, para, después, hacer una búsqueda con esos términos en diversas fuentes de información, principalmente internet, a fin de establecer sus coincidencias. Los resultados permitieron plantear una relación, casi ochenta años atrás en el tiempo, entre las metodologías seleccionadas y la propuesta de George Polya (Polya, 1945) para abordar problemas de carácter general por medio de técnicas heurísticas.

Dicha propuesta sirvió como referente para rastrear modelos más recientes especializados en el diseño instruccional virtual, es decir, modelos para la configuración de experiencias virtuales de aprendizaje eficaces, efectivas y atractivas. Es así como se llegó al modelo ADDIE, que originalmente fue creado en la década de los setenta, por el Centro de Desarrollo de Recursos Humanos del Ejército de Estados Unidos (U.S Army Research Institute for the Behavioral and Social Sciences) para el diseño instruccional y la planificación de programas de capacitación (Molenda, 2003), pero que, más adelante, resultó ser útil en el campo de la educación. A continuación, se presentan las etapas de la propuesta de George Polya (1945) y del modelo ADDIE (Branch, 2009).

Tabla 4.1 Etapas de la propuesta de George Polya y el modelo ADDIE

Etapas del modelo de George Polya (1945)	Etapas del modelo ADDIE (Branch, 2009)
Comprender el problema	<p>Análisis. Se identifican las causas probables de una brecha de desempeño (por la falta de conocimiento y/o habilidad).</p> <p>Pasos que seguir: a) Se valida la brecha de desempeño analizando las causas. b) Se determinan los objetivos de instrucción. c) Se identifican los recursos necesarios. d) Se determinan los sistemas de entrega (incluyendo costos de producción). e) Se compone un plan o estrategia general para la gestión del proyecto.</p>
Idear un plan (considerar soluciones alternativas)	<p>Diseño. Se verifican los rendimientos deseados y los métodos de prueba apropiados.</p> <p>Pasos que seguir: a) Se realiza un inventario de tareas. b) Se redactan los objetivos de rendimiento. c) Se generan las estrategias de prueba. d) Se calcula el retorno de inversión.</p> <p>En esta etapa, se establece la ruta a seguir estableciendo las especificaciones funcionales y los requisitos de contenido, así como las características y el diseño general del proyecto.</p>
Ejecutar el plan	<p>Desarrollo. Se generan y validan los recursos de aprendizaje.</p> <p>Pasos que seguir: a) Se genera el contenido. b) Se seleccionan y configuran los medios de apoyo. c) Se realizan las revisiones formativas. d) Se realiza una prueba piloto.</p> <p>En esta etapa, se construyen y se ponen en funcionamiento los componentes necesarios para el proyecto.</p> <hr/> <p>Implementación. Se prepara el entorno de aprendizaje involucrando a los estudiantes.</p> <p>Pasos que seguir: a) Se prepara al instructor. b) Se prepara al estudiante.</p> <p>En esta etapa, se lleva a cabo la puesta en marcha de los componentes creados en la fase anterior, asegurando que el proyecto está listo para su uso.</p>

<p>Mirar hacia atrás (Comprobar que el resultado obtenido es correcto)</p>	<p>Evaluación. Se evalúa la calidad de los productos y los procesos de instrucción, tanto antes como después de la implementación.</p> <p>Pasos que seguir: a) Se determinan los criterios de evaluación. b) Se seleccionan las herramientas de evaluación. c) Se realiza la evaluación.</p> <p>En esta etapa, se evalúa el éxito del del producto final y se identifican las áreas de mejora para futuras iteraciones.</p>
---	--

Nota. Elaboración propia.

La búsqueda de coincidencias entre las metodologías seleccionadas permitió descubrir que la propuesta de George Polya (1945) es el origen de muchos modelos y metodologías actuales para la resolución de problemas de carácter general; mientras que el modelo ADDIE (Branch, 2009) tiene una fuerte influencia en los modelos y metodologías para la resolución de problemas de aprendizaje en el espacio virtual. En las tablas que se presentan a continuación, se compara el modelo ADDIE (Branch, 2009) con cada una de las metodologías seleccionadas. El color define la similitud de los aspectos que se consideran en cada etapa.

Tabla 4.2 *Etapas de las metodologías seleccionadas para el desarrollo de objetos y/o entornos virtuales*

Metodologías/ Etapas principales	ADDIE	MDSERV	MDMVRML	MDEET	MDAVREVR	MCOVARA
Etapa 1	Análisis	Diseño sistemático de la instrucción	Especificación	Análisis	Selección de espacio y previo estudio	Análisis del negocio
Etapa 2	Diseño	Diseño funcional del sistema virtual	Planificación	Diseño	Planificación del proyecto de creación de un ambiente virtual	Diseño y selección de herramientas

Etapa 3	Desarrollo	Implementación	Muestreo	Desarrollo	Obtención de requerimientos	Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería
Etapa 4	Implementación		Diseño	Evaluación	Diseño	Evaluación e implantación
Etapa 5	Evaluación		Construcción	Cierre	Desarrollo e integración del modelo	
Etapa 6			Pruebas		Pruebas	
Etapa 7			Publicación			

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.3 Propuesta de George Polya y el modelo ADDIE en relación con las etapas de las metodologías seleccionadas para la investigación

Etapas del modelo de George Polya	Etapas del modelo ADDIE	Metodologías seleccionadas cuyas etapas coinciden con las del modelo ADDIE	Cantidad
Comprender el problema	Análisis	MDSERV, MDMVVRML, MDEET, MDAVREVR, MCOVARA	5
Idear un plan	Diseño	MDSERV, MDMVVRML, MDEET, MDAVREVR, MCOVARA	5
Ejecutar el plan	Desarrollo (construcción)	MDEET, MDAVREVR, MCOVARA	2*
	Implementación	MDSERV, MDMVVRML, MDAVREVR, MCOVARA	2**
Mirar hacia atrás	Evaluación (pruebas, mundo virtual/publicación/cierre)	MDMVVRML, MDEET, MDAVREVR, MCOVARA	3*

Nota. El asterisco (*) define las etapas de las metodologías seleccionadas para la investigación que integran dos etapas de la metodología ADDIE. Esto solo se da en dos casos: en la metodología MDAVREVR, cuya etapa 5 integra desarrollo e implementación, y la metodología MCOVARA, cuya etapa 4 integra las etapas de implementación y evaluación

Nota. Elaboración propia.

En las tablas anteriores, se observa que todas las metodologías seleccionadas para la investigación están relacionadas con el modelo ADDIE. Concretamente, las etapas de análisis y diseño se pueden encontrar presentes en todas ellas.

En cuanto a las etapas de desarrollo e implementación, solo se encuentran delimitadas en dos de las cinco metodologías seleccionadas, mientras que la etapa de implementación es la que se encuentra fusionada más veces (en la metodología MDAVREVR con la etapa de Desarrollo y en la metodología MCOVARA con la etapa de Evaluación).

Finalmente, la etapa de Evaluación se encuentra delimitada en tres de las cinco metodologías; en cambio, en una (la metodología MCOVARA) se encuentra fusionada con la etapa de implementación.

Para la configuración del modelo final, se considera el uso de los sustantivos que se describen en las etapas del modelo ADDIE, ya que al agrupar en pocas fases los aspectos que se toman en cuenta dentro de las metodologías seleccionadas se puede reducir su complejidad.

En la siguiente tabla, se revisan los aspectos que las metodologías seleccionadas toman en cuenta para construir los entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje (en la sección 6 del apartado anexos se muestran más detalles al respecto). Asimismo, en color azul, se señalan las coincidencias con las áreas que previamente se habían investigado en el apartado 3.6 de este trabajo.

Tabla 4.4 Aspectos considerados en las metodologías para la construcción de entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje

Aspecto a considerar	MDSERV	VRML	MDEET	MDAVREVR	MCOVARA
Perfil identitario					
Cliente/institución	2✓	1✓	1✓	×	×
Usuario	4✓	2✓	×	2✓	3✓
Perfil del proyecto	1✓	4✓	×	5✓	×
Objetivos	1✓	1✓	×	1✓	1✓
Recursos (estudio de factibilidad)	1✓	2✓	4✓	5✓	1✓
Del capítulo 3.6 Áreas involucradas en la creación de objetos y entornos virtuales tridimensionales					
Modelado (General)	×	2✓	×	1✓	2✓
• Modelado de escenarios	×	2✓	1✓	1✓	2✓

• Modelado de objetos	×	2✓	1✓	3✓	×
Simulación física, y dinámica	-	-	-	-	-
Generadores	-	-	-	-	-
Simulación de cabello/pelaje y simulación de tela/paño	-	-	-	-	-
Modificadores/deformadores	-	-	-	-	-
Recursos de interacción	2✓	2✓	2✓	2✓	×
Material y texturizado UV (<i>UV mapping</i>)	-	-	-	-	-
Iluminación (<i>lighting</i>) y sombras (<i>shading</i>)	1✓	×	×	×	×
Cámaras (Dirección de cámaras)	1✓	1✓	1✓	×	×
Navegación (Composición y estructura de navegación)	1✓	1✓	1✓	1✓	1✓
Animación	1✓	×	1✓	×	×
Creación de esqueleto (<i>rigging</i>)	-	-	-	-	-
Renderizado (<i>rendering</i>)	-	-	-	-	-
Contenidos	2✓	×	1✓	×	1✓
Programación	1✓	1✓	1✓	2✓	×
Evaluación					
• Evaluación de usuario	1✓	×	×	×	1✓
• Evaluación del sistema virtual	×	2✓	2✓	7✓	1✓
• Pruebas de usuario	×	×	1✓	1✓	1✓
Entrega final	×	1✓	1✓	×	1✓
Seguimiento del proyecto	×	×	1✓	×	×
Los cuadros con un guion (-) marcan las áreas involucradas en la creación de objetos y entornos virtuales tridimensionales que no están contempladas por las metodologías seleccionadas.					

Nota. Elaboración propia.

La tabla anterior permite establecer una relación entre los aspectos considerados en las metodologías seleccionadas y las etapas del modelo ADDIE (ver descripción en la tabla 4.1). De esta manera, dentro de la etapa de análisis se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: el perfil del cliente (o institución), perfil del usuario, perfil del proyecto, objetivos y recursos (estudio de factibilidad).

La etapa de producción incluye tres etapas internas: la primera es el diseño, que permite planificar y visualizar cómo se verán los aspectos considerados en el proyecto final; la segunda es el desarrollo, en la que se materializan dichos aspectos; y, finalmente, la implementación. De acuerdo con la tabla anterior, los aspectos que se tienen que considerar en la etapa de producción son el modelado, simulación física-dinámica, generadores, simulación de cabello/pelaje, simulación de tela/paño, modificadores/deformadores, recursos de interacción, material/texturizado UV, iluminación/sombras, cámaras, navegación, creación del esqueleto y renderizado.

La última etapa es la de evaluación, que sirve para verificar el funcionamiento de las partes y el sistema virtual en general, así como la Experiencia del Usuario, para, posteriormente, considerar la entrega formal al cliente o institución.

5. PLANTEAMIENTO DE UN MODELO SISTÉMICO PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN REALIDAD EXTENDIDA

En el presente apartado, se propone un modelo para desarrollar objetos de enseñanza-aprendizaje realizados con tecnologías de realidad extendida. El modelo toma en cuenta la interacción de los usuarios en un entorno en donde las lecciones del área disciplinar son descritas por un instructor o un plan educativo institucional, y se divide en tres etapas principales: análisis, producción y evaluación.

Etapa de Análisis.

De acuerdo con el estudio que se hizo de las metodologías seleccionadas (ver apartado 4.3), se establecen tres aspectos principales que se deben abordar en la etapa de análisis (apartado 4.3, tabla 4.4): perfil identitario, perfil del proyecto y recursos del proyecto (estudio de factibilidad). A continuación, se expone y desarrolla cada uno de ellos:

- Perfil identitario: se retoma lo visto en el apartado 3.5 (aspectos demográficos) y el apartado 2.9 (dispositivos de acceso del usuario).

- Perfil del proyecto: se configura tomando como referencia el apartado 2.8 (aplicativos virtuales), el apartado 3.1 (estructura básica de un objeto virtual tridimensional de aprendizaje), el apartado 3.2 (definición de objetivos), el apartado 3.3.1 (definición de los tipos de objetos de aprendizaje tridimensionales), y el apartado 3.4 (estructura básica de un entorno virtual tridimensional de aprendizaje).
- Recursos del proyecto. Se considera lo visto en el apartado 3.7 (*software* para la creación de gráficos tridimensionales).

Etapas de Producción

Según el estudio y el análisis que se hizo de las metodologías seleccionadas, la etapa de producción incluye tres etapas internas (diseño, desarrollo, implementación) por las que deben pasar cada una de las partes que integran el sistema virtual. La etapa de producción contempla los criterios del apartado 3.6 (áreas involucradas en la creación de entornos y objetos virtuales tridimensionales).

Evaluación

De acuerdo con el estudio que se hizo de las metodologías seleccionadas (ver apartado 4.3), se establecen tres aspectos principales que se deben abordar en la etapa de evaluación: pruebas y revisión de funcionamiento, Experiencia del Usuario, entrega final y seguimiento. La etapa de evaluación retoma lo visto en el apartado 3.5 (criterios de diseño y evaluación de los entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje).

Bajo el contexto anterior, y considerando las nociones de modelo y sistema visto en este capítulo, se presenta la propuesta de modelo sistémico para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida.

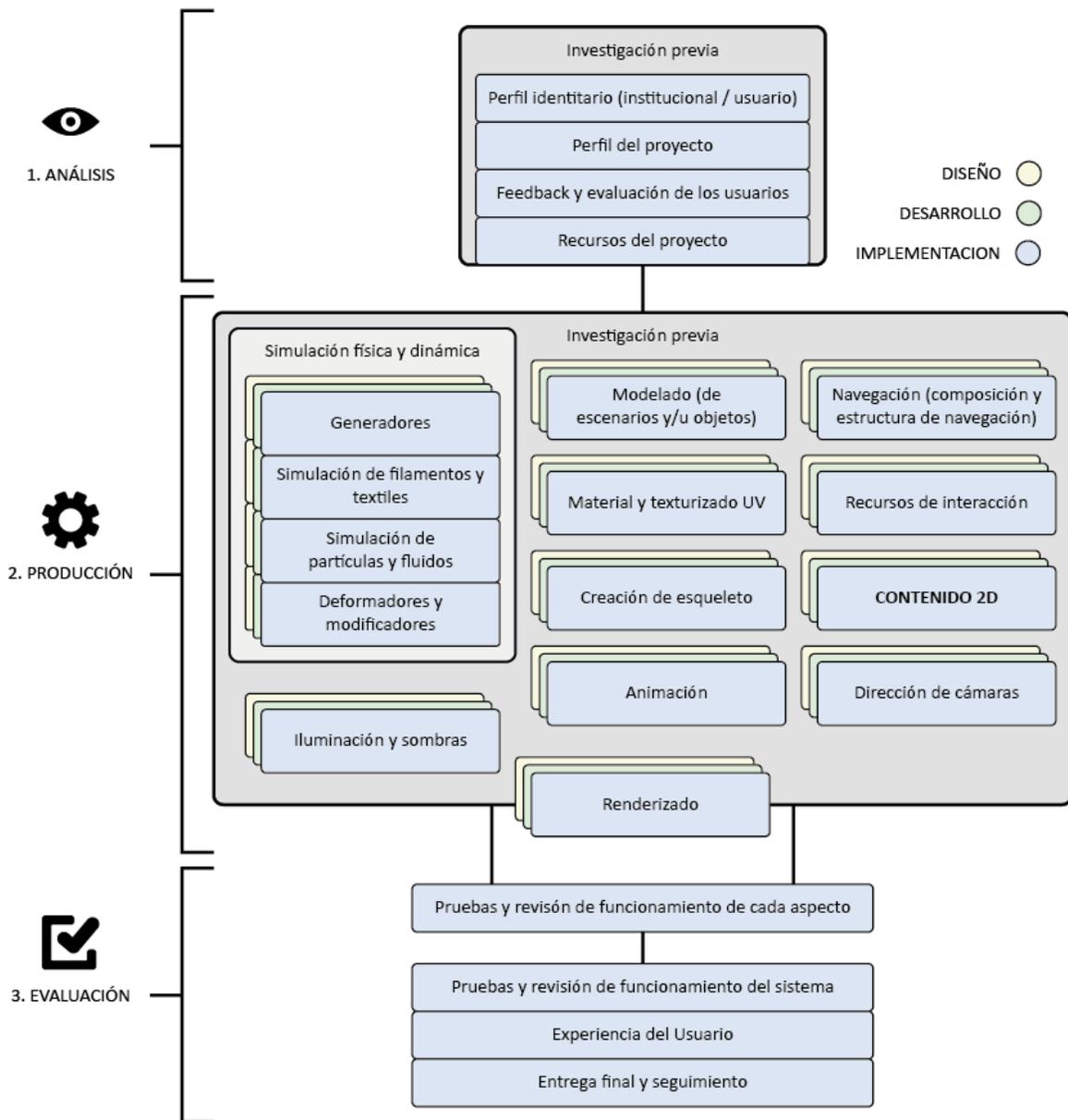
5.1 Modelo sistémico para desarrollar entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida

El modelo propuesto se considera adecuado para proyectos en los que se comprende el conjunto de requerimientos básicos, pero la aplicación y las partes técnicas de las actividades aún están por definirse. Se compone de tres etapas principales: análisis, producción y evaluación, las cuales deben abordarse de forma sucesiva. Al tomar la idea de lo que significa un sistema, la etapa de análisis representa la entrada donde se generan las “instrucciones” para realizar el entorno u objeto de aprendizaje.

La etapa de producción retoma esas “instrucciones” para plantear una propuesta que comienza con su planificación (diseño), pasa por su materialización (desarrollo) hasta llegar a instaurarse (implementación). Es importante señalar que los aspectos considerados dentro de esta etapa son removibles, y adaptables, siguiendo la forma de operar de los modelos. Por ejemplo, un proyecto en donde se va a presentar una imagen 360° puede prescindir de aspectos como la creación de esqueleto, la animación, la simulación física y dinámica, el renderizado, etc. De igual manera, un recorrido virtual es muy probable que prescinda de aspectos como la simulación física y dinámica, la creación de esqueleto y el renderizado. La flexibilidad de la etapa de producción permite disponer de cada aspecto según convenga.

La etapa de evaluación permite comprobar que el sistema virtual y cada una de las partes que lo integran funcionen correctamente. También permite conocer cuál es la Experiencia del Usuario al utilizar dicho sistema. Con el propósito de lograr un mejor entendimiento de lo que se describió anteriormente, se presenta una imagen de la propuesta final del modelo.

Figura 5.1 Modelo sistémico para el desarrollo de objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida

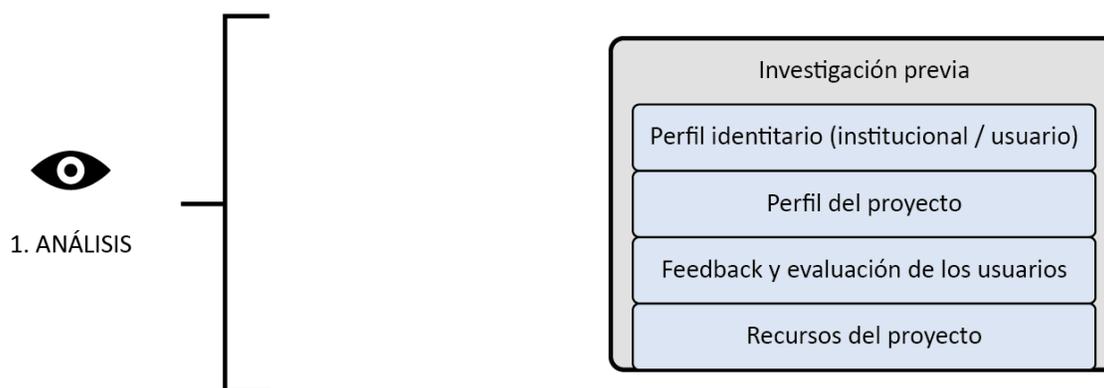


Nota. Elaboración propia.

Etapas del modelo sistémico para el desarrollo de objetos de enseñanza-aprendizaje en realidad extendida.

1 Etapa de análisis

Figura 5.2 Etapa de análisis y sus secciones



Nota. Elaboración propia.

Investigación previa relacionada con la etapa de análisis.

La investigación previa relacionada con la etapa de análisis se realiza con la intención de comprender las motivaciones y el contexto en el que se desarrollará el proyecto, identificar el problema de aprendizaje, delimitar y definir los objetivos, planificar y desarrollar estrategias, estimar los recursos requeridos, etc. Para que se pueda realizar lo anterior, se recomienda recopilar información de proyectos (actuales y previos) relacionados, consultar fuentes de texto (documentos, *social media*, *social networks*, etc.) y consultar a especialistas.

1.1 Perfil identitario (institución/cliente, usuario)

1.1.1 Perfil institucional/perfil del cliente. Permite definir el contexto y las expectativas que la institución/cliente tienen sobre el proyecto. Para realizar el perfil institucional se deben tomar en cuenta tres aspectos principales (para más detalles ver apartado 3.5 tabla 3.16):

1.1.1.1 *Necesidades y motivos para implementar el sistema de virtualidad.* Considera las necesidades y expectativas de aprendizaje que la institución o cliente tienen sobre el proyecto.

1.1.1.2 *Legalidad e identidad institucional.* Toma en cuenta las leyes estatales/federales o regulaciones relacionadas con el proyecto, así como los valores, normas y directrices institucionales (en la práctica este aspecto se ve reflejado en el uso de mensajes legales).

1.1.1.3 *Plan de estudios.* En este apartado se definen los elementos clave del plan de estudio como la asignatura, grado y lección que se quiere desarrollar.

1.1.2 Perfil del usuario. En este apartado se establecen las características, necesidades y preferencias de los usuarios a los que se dirige el proyecto. Un punto de partida de este apartado es la recolección de información demográfica (para más detalles ver apartado 3.5, tabla 3.16):

1.1.2.1 *Edad.* Es un factor clave para personalizar las experiencias, mejorar la usabilidad y adaptar el contenido del sistema virtual. En la práctica, la edad permite establecer restricciones que requieren autenticación (desbloqueo).

1.1.2.2 *Sexo y género.* Ambos factores contribuyen al diseño de experiencias personalizadas.

- 1.1.2.3 *Nacionalidad*. Está relacionado con el idioma que se va a seleccionar para el sistema virtual.
- 1.1.2.4 *Nivel socioeconómico*. Estima los recursos tecnológicos-materiales a los que tiene acceso el usuario.
- 1.1.2.5 *Dogma*. Es un factor que permite establecer un diálogo respetuoso con el usuario. En la práctica, el dogma se ve reflejado en los mensajes de advertencia de contenido sensible.
- 1.1.2.6 *Salud*. Permite conocer si el usuario tiene algún tipo de discapacidad o problema de salud. También comprende los efectos que las tecnologías pueden causar. El objetivo de investigar este factor es garantizar la seguridad y el bienestar de los usuarios. En la práctica, esto se ve reflejado en los mensajes de advertencia de uso.

Es importante mencionar que la información demográfica también se utiliza para determinar la curva de aprendizaje del usuario relacionada con las tecnologías de acceso, interfaz y navegación.

1.1.3 Escenario educativo actual. En este apartado se define el contexto en el que se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje tomando en cuenta dos aspectos fundamentales.

1.1.3.1 *Consideraciones relacionadas con el entorno*. El entorno tiene un impacto significativo en la experiencia, la eficiencia y la seguridad de uso del sistema virtual. Dentro de este apartado se deben considerar:

- *Lugar/punto de acceso y espacio de uso*. Es necesario tomar en cuenta el entorno físico desde donde se va a poder acceder al sistema virtual, tanto dentro de la institución como fuera de esta. En este apartado, también se considera el espacio

personal con el que se cuenta, ya que si es muy limitado el usuario podría verse impedido de realizar los movimientos físicos que requieren algunos sistemas virtuales.

- *Tiempo de acceso.* Lapsos de tiempo en los que el usuario va a utilizar el sistema virtual.

1.1.3.2 *Consideraciones tecnológicas.* Tipos y características de los dispositivos con los que cuenta el usuario, dentro y fuera de la institución, para acceder al sistema virtual. Los dispositivos más comunes son los *smartphones, tablets, laptops*, computadoras de escritorio, *head-mounted displays (HMD)* y *virtual reality headsets (VRH)*. Las características que los distinguen están relacionadas con el procesador, la RAM, el tamaño de pantalla, el sistema operativo, los sensores y el sistema de navegación (para más detalles ver apartado 2.9).

1.2 Perfil del proyecto

1.2.1 ***Definición del Problema.*** Descripción clara y precisa de la situación o desafío de aprendizaje a solucionar.

1.2.2 ***Definición del (de los) objetivo(s) de aprendizaje.*** Metas específicas y medibles que guían las acciones y decisiones hacia un resultado deseado. La taxonomía de Bloom, y sus posteriores revisiones, proponen los siguientes objetivos educativos (para más detalles ver apartado 3.2, tabla 3.3):

- Recordar (reconocer).
- Comprender (interpretar, ejemplificar clasificar, resumir, inferir, comparar, explicar).
- Aplicar (organizar, atribuir).

- Evaluar.
- Crear (planificar).

1.2.3 Definición del objeto y aplicativo a desarrollar Los tres tipos de objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje que se pueden desarrollar se presentan a continuación y responden a un tipo de aplicativo (para más detalles ver apartado 2.8 y 3.3.1).

1.2.3.1 Objetos declarativos. Son objetos cuyo propósito es el uso de la memoria y la comprensión. Su principal objetivo es transmitir información. Los aplicativos en donde comúnmente se utilizan son:

- Cinemática/secuencia con un nivel de interacción bajo (se utiliza en sistemas de realidad aumentada y realidad virtual).
- Escena 3D/escenario virtual 3D/objetos 3D interactivos con un nivel de interacción bajo (se utiliza en sistemas de realidad aumentada y realidad virtual).
- Imagen 360°/video 360° (se utiliza en sistemas de realidad virtual).
- Tour/recorrido virtual 3D (se utiliza en sistemas de realidad virtual).

1.2.3.2 Objetos procedimentales. Son objetos de propósito práctico cuyo objetivo es el desarrollo de habilidades. Los aplicativos en donde comúnmente se utilizan son:

- Avatar/personaje virtual (se utiliza en sistemas de realidad virtual).
- Cinemática/secuencia con un nivel de interacción alto (se utiliza en sistemas de realidad virtual).

- Escena 3D/escenario virtual 3D/Objetos 3D con un nivel de interacción alto (se utiliza en sistemas de realidad virtual).
- Simulación/gemelo digital (se utiliza en sistemas de realidad virtual).
- Videojuego/gamificación [Ludificación] (se utiliza en sistemas de realidad virtual).

1.2.3.3 *Objetos actitudinales*. Son objetos que combinan los propósitos declarativos y prácticos, pero tienen un sentido valoral (es decir fomentan los valores universales) que se emplea a favor de la convivencia social. Los aplicativos en donde comúnmente se utilizan son:

- Abarca todos los aplicativos que se utilizan en los objetos declarativos y procedimentales.
- Cuarto virtual/sala virtual/mundo virtual (para realidad virtual).
- Metaverso (para realidad virtual).

1.2.4 Tareas y estrategias a seguir. Conocer las tareas que se pueden realizar en un sistema virtual ayuda a establecer las estrategias para alcanzar los objetivos (para más detalles ver apartado 3.4, tabla 3.11).

1.2.4.1 *Búsqueda*. Las tareas de búsqueda implican la exploración del entorno virtual para encontrar información relevante. Las estrategias más importantes son:

- *Búsqueda del tesoro*. Estrategia que tiene como objetivo la búsqueda de información y el desarrollo de habilidades sociales como la organización si se realiza en equipo (se utiliza en tours/recorridos virtuales 3D, cuartos

virtuales/salas virtuales/mundos virtuales, videojuegos/gamificación [ludificación]).

- *Visita guiada.* Es un recorrido temático en donde el usuario pasa por distintas áreas de interés (se utiliza en tours/recorridos virtuales 3D).
- *Orientación conceptual.* Estrategia cuyo objetivo es presentar información para comprender conceptos (se utiliza en imágenes 360°/videos 360°, cinemáticas/secuencias, escenas 3D/escenarios virtuales 3D/objetos 3D).

1.2.4.2 *Misión.* Son tareas que implican el cumplimiento de una meta. Las estrategias que se pueden seguir en las misiones son:

- *Construcción de un avatar.* Permite alterar las características físicas de un personaje como una forma de proyectar el “yo” (se utiliza avatares/personajes virtuales).
- *Juego de rol.* Consiste en adoptar un papel en situación para realizar una acción (se utiliza en videojuegos/gamificación [ludificación]).

1.2.4.3 *Desafío.* Implica la superación de obstáculos y la toma de decisiones. Las estrategias que seguir en los desafíos son:

- *Aplicación operativa.* Su objetivo es que el usuario interactúe con el entorno y manipule objetos para resolver un problema o tarea que representa cierta dificultad (se utiliza en simulaciones, escenas 3D/escenarios virtuales 3D/objetos 3D).
- *Incidente crítico.* Estrategia cuyo objetivo es la práctica mediante la realización de actividades inesperadas, poco frecuentes o consideradas peligrosas (se utiliza en

simulaciones, escenas 3D/escenarios virtuales 3D/objetos 3D).

- *Cocreación*. Estrategia que utiliza el espacio virtual para que dos o más personas trabajen juntas y desarrollen algo nuevo (se utiliza en cuartos virtuales/salas virtuales/mundos virtuales, videojuegos/gamificación [ludificación], metaverso).
- *Foros y trabajo en grupos*. Estrategia en donde un grupo cohesivo de personas participa presentando o solicitando información (cuartos virtuales/salas virtuales/mundos virtuales, videojuegos/gamificación [ludificación], metaverso).

1.2.5 Características del sistema virtual. Este apartado engloba un conjunto de atributos que están relacionados con la complejidad y la estética del sistema virtual como el grado de dificultad para crear el sistema virtual (sencillo o complejo), el nivel de detalle (esencial o alto), el grado de concreción (real o imaginario), el grado de representación (realista o abstracto), la forma de expresión (profesional o artístico), etc. Tony O'Driscoll y Karl M. Kapp (2009) mencionan que no hay que subestimar a las personas ya que son muy buenas interpretando el mundo en términos simbólicos, por lo que recomienda desarrollar un proyecto con las características esenciales para ahorrar tiempo que puede ser invertido en otras etapas.

1.2.6 Entorno de implementación y compatibilidad del sistema virtual con los dispositivos de acceso. Hace referencia al contexto en el que el sistema virtual estará disponible para los usuarios y cómo es que se asegura su funcionamiento.

- *Entorno de implementación.* Considera la forma en la que el sistema virtual estará disponible, ya sea a través de una plataforma, un motor gráfico, un sitio web, una aplicación, un portal, etc.
- *Compatibilidad con los dispositivos de acceso.* Considera la forma en la que el sistema virtual se va a adecuar a los dispositivos de acceso (es decir, si va a ser adaptativo y multiplataforma).

1.3 **Feedback y evaluación de los usuarios**

En este apartado, se toma en cuenta la forma en que el usuario va a ser evaluado de acuerdo con los objetivos planteados para el sistema virtual. Algunas consideraciones importantes dentro de este apartado son:

- 1.3.1 Tiempo y duración de la actividad:** Asignar un tiempo determinado para completar una tarea en el sistema virtual permite medir la eficiencia del usuario y, en función a ello, realizar ajustes.
- 1.3.2 Éxito en la tarea:** Es importante comprobar que una tarea se completó con éxito, para lo cual se pueden utilizar indicadores.
- 1.3.3 Precisión:** Permite analizar qué tan preciso es el usuario al completar una tarea. Este apartado es particularmente importante en actividades que requieren precisión, como colocar objetos en un lugar específico.
- 1.3.4 Pruebas de conocimiento:** Permiten comprobar la comprensión de la información mostrada en el sistema virtual mediante cuestionarios, mapas conceptuales y test que abordan la información clave presentada. Dichos instrumentos pueden incluir preguntas de opción múltiple, verdadero/falso, completar espacios en blanco o preguntas de respuesta corta.
- 1.3.5 Test de emociones:** Recopila información sobre las emociones que el usuario experimenta durante la actividad. Normalmente, esta forma de evaluación es útil en sistemas virtuales de desafío que utilizan

estrategias de incidente crítico. La evaluación de emociones y *feedback* se puede hacer incorporando preguntas o escalas de satisfacción para obtener retroalimentación sobre cómo se sintieron los usuarios al realizar las tareas.

1.3.6 Contador y progreso: La implementación de un contador al realizar una actividad puede ser útil para llevar un registro del progreso del usuario. Esto puede proporcionar una indicación de los avances que se han realizado.

1.3.7 Feedback en tiempo real: Proporciona retroalimentación en tiempo real al usuario. Pueden ser pistas visuales, efectos de sonido o mensajes que indiquen si están tomando decisiones correctas o incorrectas.

1.4 Recursos del proyecto (materiales, económicos, humanos, planificación de tiempo)

1.4.1 Recursos materiales. Este apartado, se considera el *software* y equipo tecnológico disponible, así como sus limitaciones, para determinar si es posible configurar el sistema virtual.

1.4.2 Recursos económicos. En este apartado, se definen los recursos económicos para saber el alcance que tendrá la creación del sistema virtual. Es importante considerar:

- Costos de realización de cada etapa y el desarrollo del proyecto en general.
- Costos de adquisición de nuevos recursos.

1.4.3 Recursos humanos. Se define la cantidad y el perfil de los participantes que estarán involucrados en la realización del proyecto para definir

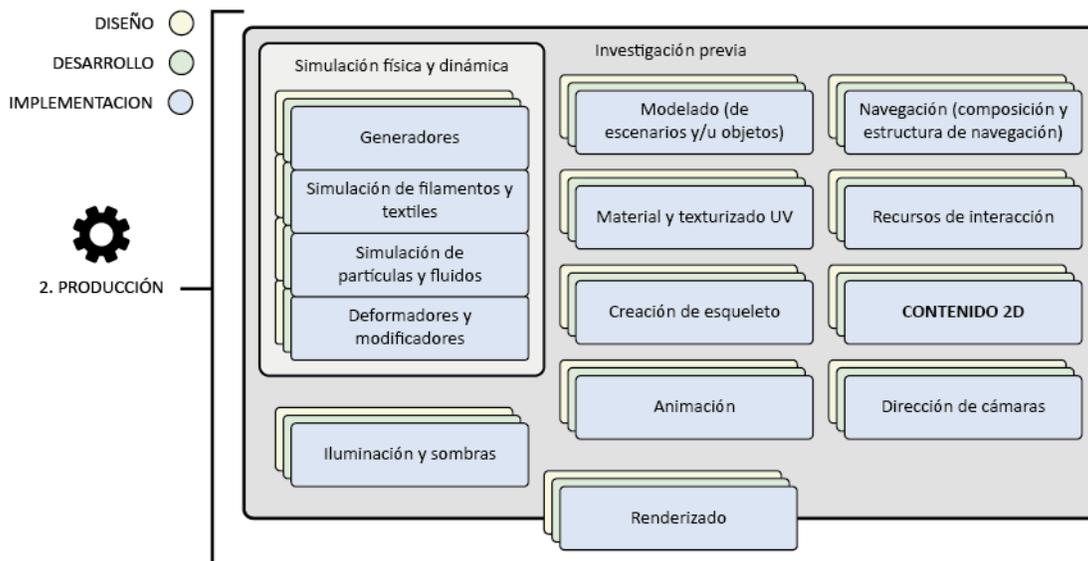
cómo desarrollar el sistema virtual y determinar si es necesario invertir en algún tipo de capacitación.

1.4.4 Planificación de tiempo. Se definen los tiempos en que se va a realizar cada etapa del proyecto hasta llegar a terminarlo. También se establecen las fechas de entrega de los avances y el proyecto final.

La etapa de análisis concluye con un guion o plan en donde se hace la descripción del proyecto y la solución tentativa. Asimismo, se determina el flujo de trabajo (cronograma de actividades) y se elabora un plan de contingencia para tratar posibles contratiempos derivados de los apartados anteriores.

2 Etapa de producción

Figura 5.3 Etapa de producción y sus secciones



Nota. Elaboración propia.

Investigación previa relacionada con la etapa de Producción

La investigación previa en la etapa de producción se realiza con el propósito de conocer los aspectos que tienen que ser considerados dentro del desarrollo del sistema virtual.

Cabe señalar que dichos aspectos siguen un proceso interno que se inicia con la etapa interna de diseño, la cual implica la creación de un *storyboard* o guion gráfico en el cual se planifican los aspectos que serán incorporados en el sistema virtual. Después, se pasa a la etapa interna de desarrollo, en donde se realiza la documentación técnica que detalla la materialización y programación de todos los aspectos considerados para su correcto funcionamiento. Por último, se pasa a la etapa interna de implementación, en donde se registra el proceso de integración de los aspectos considerados en el sistema virtual para su correcto funcionamiento a través de los dispositivos de acceso.

Se recomienda que, en la investigación previa de la etapa de producción, así como en sus etapas internas, se recopile información de proyectos relacionados (actuales y previos), se consulten fuentes de texto (documentos, *social media*, *social networks*, etc.) y se consulten especialistas.

2.1 Modelado. Permite crear una superficie para dar forma a entornos y objetos virtuales tridimensionales. Existen muchas técnicas para llevar a cabo este proceso. Las más relevantes son el modelado paramétrico basado en curvas y superficies, el modelado de caja y mallas, el modelado poligonal y el modelado escultórico.

2.2 Simulación física y dinámica. Son recursos que permiten simular los fenómenos físicos del mundo real, como el movimiento, la colisión y la reacción de fuerzas, en donde se aplican leyes como la gravedad, la fricción, la elasticidad, la masa o la inercia para crear una gran cantidad de efectos dinámicos que incluyen la simulación de partículas, para generar humo, fuego, chispas, explosiones, etc.; la

simulación de fluidos, para generar agua, lodo, aceite, etc., y la simulación de cabello para crear pelaje, telas, ropa, entre otras entidades.

- 2.2.1 *Simulación de partículas y física de fluidos.* Es un proceso en el cual se genera una gran cantidad de entidades que son liberadas. Las partículas pueden ser estáticas o estar sujetas a un efector dinámico que reacciona a la influencia de diferentes fuerzas físicas. Las partículas dinámicas permiten constituir fuego, humo, niebla y polvo. Por otro lado, la física de fluidos es el proceso que se utiliza para simular las propiedades físicas de los líquidos y fluidos como el agua, lodo y aceite.
- 2.2.2 *Generadores.* Son recursos que se utilizan para crear geometrías derivadas. Los más utilizados son los clonadores para duplicar objetos; las matrices, que distribuyen los objetos clonados en patrones o posiciones específicas, y las fracturas, que fragmentan o rompen un objeto en partes más pequeñas.
- 2.2.3 *Simulación de filamentos y simulación de textiles.* Son procesos especializados que tienen como objetivo añadir detalles realistas a las entidades virtuales. La simulación de filamentos implica crear elementos finos tipo filigrana, tal como cabello, pelaje, plumas, pelusa o hierba, que pueden ser aplicados sobre una superficie. La simulación textil hace referencia al proceso de crear objetos de tela como ropa, banderas, pancartas, osos de peluche, almohadas, entre otros.
- 2.2.4 *Deformadores y modificadores.* Son recursos que sirven para cambiar las propiedades y características físicas de un modelo. Los deformadores más utilizados son doblar, abultar, sesgar, afilar y enroscar. En cuanto a los modificadores, pueden ser de varios tipos. Los más utilizados son los siguientes: los modificadores de ruptura, que sirven para explotar, fundir o romper; los modificadores de cuerpo blando, cuya función es

sacudir, aplastar o estirar, y los modificadores de superficie, que permiten colisionar, cubrir o envolver.

2.3 Recursos de interacción. Son recursos que los usuarios utilizan para explorar (navegación) y participar (interacción) de manera efectiva en entornos virtuales tridimensionales. Los más destacados son:

- 2.3.1 *Controles de interacción y manipulación de objetos.* Son recursos con los que el usuario puede agarrar, mover/trasladar, rotar, escalar o deformar un objeto virtual cambiando su apariencia, propiedades y/o comportamiento.
- 2.3.2 *Controles de movimiento.* Recursos que generan un cambio en la posición y ángulo de visión del usuario y se utilizan para hacer zoom, girar, avanzar, retroceder, saltar, volar, entre otras funciones.
- 2.3.3 *Desencadenadores de eventos.* Son recursos que pueden ser accionados por el usuario o activarse en un momento determinado para ejecutar una tarea. Los ejemplos más comunes son los botones.
- 2.3.4 *Puntos de interés y elementos de señalización.* Recursos que utilizan las propiedades y atributos visuales para hacer destacable un elemento o indicar una ubicación importante. Algunos ejemplos son: figuras pulsantes, letreros, flechas, señalizaciones de ruta, etc.
- 2.3.5 *Indicadores de ubicación.* Recursos que permiten reconocer la posición del usuario y de otras entidades en el entorno virtual. Los indicadores de ubicación más comunes son los mapas.
- 2.3.6 *Puntos de control.* Son recursos para transportar al usuario de un lugar a otro dentro del entorno virtual, retomar la navegación desde el último punto en que se guardó o desde el último punto de conexión que tuvo con el sistema.
- 2.3.7 *Niveles de acceso y áreas restringidas.* Son recursos que pueden ser desbloqueados una vez que se cumplen ciertas condiciones.

2.3.8 *Campos de entrada y elementos de verificación.* Permiten que el usuario ingrese y revise valores dentro del sistema virtual. Los ejemplos más comunes son los buscadores y los botones de verificación.

2.3.9 *Elementos de notificación:* Recursos que retroalimentan al usuario presentando información, notificaciones o mensajes. Los ejemplos más comunes son las ventanas emergentes.

2.3.10 *Elementos de accesibilidad para personas con discapacidad.* Son recursos que tienen como objetivo mejorar la accesibilidad de los usuarios que presentan algún tipo de discapacidad. Los ejemplos más comunes son los botones para cambiar el contraste de la pantalla, la activación mediante atajos de teclado, las funciones de lectura de pantalla, los subtítulos, entre otros.

2.4 *Texturizado UV y pintura.* Son recursos que agregan detalles a las entidades virtuales tridimensionales con el objetivo de mejorar su apariencia. El texturizado permite cambiar las propiedades relacionadas con la superficie del modelo, como color, rugosidad, brillo, opacidad y normalidad. Con la pintura, se pueden agregar y modificar las propiedades de un material de forma directa como el color, la difusión, la luminosidad, la transparencia, la reflectancia, la fosforescencia, por mencionar algunas.

2.5 *Iluminación y sombras.* Ambos procedimientos simulan la física de luz y sombras del mundo real. Existen fuentes de iluminación de varios tipos. Las más destacadas son luz puntual, direccional, de área, ambiental y de alto rango dinámico. Todas permiten ajustar parámetros como la intensidad, el color, la dirección, la atenuación, el brillo, el contraste, etc. Las sombras funcionan en conjunto con las luces para añadir valor a las escenas definiendo los objetos y su ubicación. Las sombras se ajustan a través de distintos parámetros como los siguientes: el color, densidad, transparencia, radio, entre otros.

2.6 Dirección de cámaras. Proceso en donde se colocan y configuran las cámaras virtuales representando el punto de vista del observador. Existen muchos tipos de cámaras, como la cámara fija, de seguimiento, en primera persona, en tercera persona, panorámica, etc. Además, se deben considerar algunos aspectos en su manejo como la configuración (que involucra propiedades esenciales intrínsecas, tales como la distancia focal, la apertura, el enfoque, el ángulo de visión, etc.), el encuadre y el movimiento de cámara (que agrega dinamismo a la escena e involucra aspectos como los movimientos de seguimiento, inclinación, giros, entre otros).

2.7 Composición y estructura de navegación. Permiten la distribución y organización de los objetos dentro de un sistema virtual. La composición está relacionada con la colocación, la coherencia y el balance que debe haber entre los distintos elementos para que el sistema virtual se vea armonioso y agradable a la vista. Los puntos clave a considerar en la composición están relacionados con las propiedades de los elementos, como el color, tamaño, forma, textura, movimiento, etc., así como con las propiedades adicionales que afectan la relación entre ellos, por ejemplo, la distancia/proximidad, la superposición, la alineación, la orientación, la posición, la distribución, la dirección, el estilo, la jerarquía, entre otros. Al igual que la composición, la estructura de navegación está relacionada con la distribución de los elementos dentro de un entorno virtual, pero se enfoca en facilitar la ubicación de los contenidos e información. Existen muchas estructuras de navegación a considerar, tales como la lineal, la jerárquica, la radial, la de red, la reticular y la aleatoria, las cuales se pueden recorrer mediante el uso de diversos elementos y recursos como menús, pestañas, botones y buscadores, solo por mencionar algunos.

2.8 Animación. Involucra una serie de etapas y técnicas que permiten dar vida a las entidades virtuales tridimensionales mediante la modificación de parámetros como la posición, rotación, escala, color, textura, etc.

2.9 Creación de esqueleto. Proceso que consiste en crear un esqueleto que se asigna a un modelo con el propósito de articularlo. Implica la creación de huesos (para formar el esqueleto), controles (para facilitar su manipulación) y restrictores (para limitar el movimiento y garantizan que el modelo no se deforme o se comporte de manera extraña).

2.10 Renderizado. Proceso que convierte la escena en una imagen o secuencia de imágenes bidimensionales. Implica el ajuste de técnicas de sombreado e iluminación, como la iluminación global, la oclusión ambiental, la refracción, las propiedades cáusticas, las propiedades de fosforescencia, el suavizado espacial, el efecto estereoscópico, entre otros.

2.11 Contenido 2D. Son recursos que garantizan el acceso a la información en los entornos virtuales tridimensionales. Los más utilizados son:

2.11.1 *Audios.* Representaciones sonoras que acompañan a los sistemas virtuales en forma de efectos de sonido o narraciones. Normalmente se utilizan para transmitir información o ayudar a generar un ambiente. Es importante que los audios tengan buen ajuste de volumen.

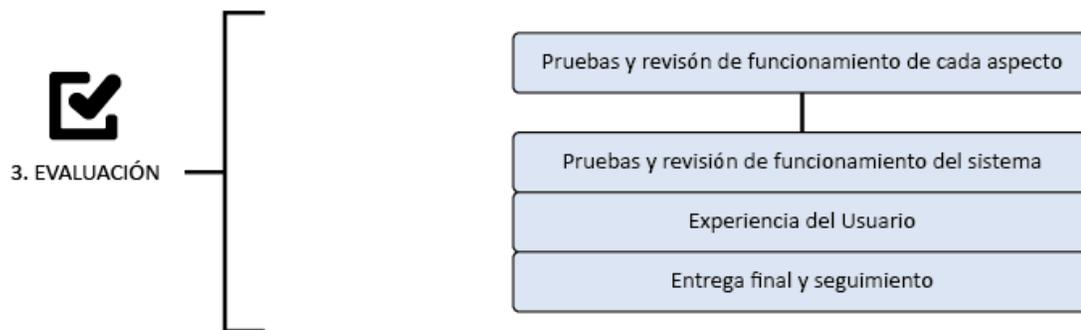
2.11.2 *Textos.* Son recursos para transmitir información de forma escrita. Es conveniente que los textos tengan una fuente, un tamaño y un contraste legibles.

2.11.3 *Imágenes.* Recursos visuales que se presentan en una gran variedad de formatos y pueden ser utilizados para conformar ilustraciones, fondos, mapas, texturas etcétera.

2.11.4 *Videos*. Son recursos que combinan imágenes en movimiento con audio con el propósito de transmitir información.

3 Etapa de evaluación

Figura 5.4 Etapa de evaluación y sus secciones



Nota. Elaboración propia.

Para realizar la etapa de evaluación, se pueden utilizar diversos métodos e instrumentos. Los más populares son:

- *Registro*. Permite almacenar detalles de atributos y propiedades sobre un objeto, evento o entidad.
- *Métricas de rendimiento*. Implican la recopilación, el seguimiento y el almacenamiento de datos relacionados con el rendimiento de un sistema, producto o proceso.
- *Entrevistas*. Interacción entre dos o más personas que permite obtener información, opiniones, perspectivas y detalles sobre un tema particular.
- *Cuestionario*. Es un conjunto de preguntas estructuradas y diseñadas para recopilar información específica de un público objetivo.

- *Test*. Es un instrumento diseñado de forma personalizada para evaluar y medir diversas habilidades, conocimientos, aptitudes o características y así obtener información cuantificable.
- *Observación directa*. Permite observar y registrar el comportamiento, las acciones y las interacciones de un objeto, evento o entidad.
- *Autoevaluación*. Método que le permite al individuo evaluar su propio desempeño proporcionando una perspectiva única y subjetiva.

3.1 Pruebas y revisión de funcionamiento de cada aspecto. Se comprueba la integración y correcto funcionamiento de los aspectos considerados en la etapa de Producción. Si dichos aspectos presentan correcciones deberán atenderse antes de pasar a la siguiente instancia. En este apartado se redactan los resultados de las pruebas con los ajustes que se realizaron para el correcto funcionamiento.

A continuación, se muestran las pruebas y revisiones de funcionamiento más frecuentes para cada aspecto:

- Modelado
 - La precisión y el detalle del modelado para garantizar la apariencia y forma correcta de los entornos y objetos virtuales.
 - La eficiencia del proceso de modelado (flujo de trabajo), especialmente en términos de recursos y tiempo.
 - Desarrollo de procesos de optimización para reducir la carga en la representación de modelos complejos (poligonaje de los modelos).
- Simulación física y dinámica
 - La precisión y el realismo de las simulaciones en relación con los fenómenos físicos del mundo real.
 - La velocidad y la eficiencia del cálculo de las simulaciones para mantener una experiencia fluida.

- La flexibilidad de las simulaciones para adaptarse a diferentes tipos de objetos y comportamientos.
- La flexibilidad de los motores de física.
- Recursos de interacción
 - Uso intuitivo y capacidad de respuesta de los controles de movimiento, interacción y manipulación.
 - Efectividad de los desencadenadores de eventos y claridad de los elementos de señalización.
 - Verificar si hay retroalimentación visual o auditiva que le permita al usuario saber qué acciones está realizando.
- Texturizado UV y pintura
 - Calidad de las texturas y su capacidad para mejorar la apariencia de los modelos.
 - Forma en que las texturas se adaptan a las diferentes superficies. Mapeados UV que minimizan la distorsión y mejoran la calidad visual
 - Verificar la reducción de peso y la efectividad de las texturas para agilizar los procesos del sistema virtual.
- Iluminación y sombras
 - Capacidad de las fuentes de iluminación para crear los ambientes que requiere el proyecto.
 - La precisión de las sombras en relación con la posición y la intensidad de la luz.
 - La optimización de la iluminación y las sombras para mantener un buen rendimiento en tiempo real.
- Dirección de cámaras
 - La versatilidad de las cámaras para adaptarse a diferentes perspectivas.

- La capacidad de configuración de la cámara para lograr efectos visuales específicos.
- La fluidez y la suavidad de los movimientos de la cámara para evitar mareos o molestias.
- Composición y estructura de navegación
 - La armonía visual y la coherencia en la disposición de elementos en el entorno virtual.
 - La eficacia de las estructuras de navegación para facilitar la exploración y la ubicación del contenido.
 - La claridad y la accesibilidad de los elementos de navegación para los usuarios.
 - Diseño estructural que guíe al usuario de manera intuitiva a través del entorno.
 - Desarrollo de sistemas de jerarquía y agrupación que mantengan la organización dentro del sistema virtual.
- Animación
 - La fluidez y la naturalidad de las animaciones en relación con los movimientos y los comportamientos esperados.
 - La facilidad de creación y la edición de animaciones para agilizar el proceso de desarrollo.
 - Flexibilidad de las animaciones para integrarse con los demás sistemas (en especial con el sistema de física).
- Creación de esqueleto
 - Capacidad de adaptación de los esqueletos respecto a los modelos.
 - Precisión y realismo en las articulaciones para generar el movimiento de los modelos.
 - Implementación de controladores y herramientas que facilitan la manipulación del esqueleto.

- La capacidad de los restrictores para evitar deformaciones no deseadas en el modelo.
- Renderizado
 - La calidad visual de las imágenes generadas a partir del renderizado.
 - La correcta aplicación de técnicas de sombreado e iluminación para crear efectos visuales específicos.
- Contenido 2D
 - La claridad y legibilidad de los elementos de contenido 2D.
 - La sincronización adecuada de audios y vídeos para una experiencia coherente.
 - La accesibilidad de los elementos de contenido 2D para diferentes usuarios, incluidas personas con discapacidades.

3.2 Pruebas y revisión del funcionamiento del sistema. Se realizan pruebas de funcionamiento y rendimiento del sistema en general en relación con los dispositivos y sistemas de acceso.

- Pruebas de funcionamiento
 - Pruebas de interacción. Verificar que los controles de manipulación de objetos, el movimiento y los eventos desencadenados por el usuario funcionen correctamente.
 - Pruebas de animación. Asegurarse de que todas las animaciones se reproduzcan correctamente y que los movimientos sean suaves y naturales.
 - Pruebas de simulación. Verificar que las simulaciones físicas y dinámicas, como la física de partículas y la simulación de fluidos, respondan adecuadamente a las interacciones del usuario.
 - Pruebas de navegación. Comprobar que los elementos de navegación, como los puntos de interés, los elementos de

señalización y los indicadores de ubicación, guíen correctamente al usuario a través del entorno.

- Pruebas de texturizado. Verificar que las texturas se apliquen y carguen correctamente.
- Pruebas de rendimiento
 - Pruebas de rendimiento gráfico. Medir el rendimiento del sistema virtual para garantizar una experiencia fluida en diferentes dispositivos.
 - Pruebas de carga. Evaluar cómo el sistema maneja la carga de modelos, texturas, simulaciones y animaciones cuando hay múltiples elementos en pantalla.
 - Pruebas de optimización. Identificar áreas donde se pueda optimizar el código y los recursos para mejorar el rendimiento general.
- Pruebas de dispositivos y sistemas de acceso
 - Pruebas de compatibilidad. Probar el sistema virtual en los dispositivos de acceso para asegurarse de que funcione correctamente en cada uno de ellos.
 - Pruebas de controladores. Verificar que los controles y dispositivos de entrada (*mouse*, teclado o mandos de diversos tipos) funcionen correctamente.
 - Pruebas de conectividad. Probar la funcionalidad del sistema virtual en línea para asegurarse de que funcione correctamente.

3.3 Experiencia de Usuario. Contempla la suma de sensaciones, emociones y percepciones que el usuario experimenta mientras navega, interactúa y utiliza el sistema virtual. La Experiencia del Usuario (*User Experience-UX*) busca crear un entorno que sea atractivo, funcional y significativo para los usuarios. La Experiencia del Usuario toma en cuenta las necesidades, las expectativas y los

objetivos, y engloba diversos aspectos y elementos que influyen en cómo los usuarios se relacionan con la plataforma. Algunos de estos aspectos y elementos incluyen:

- **Objetivos y metas.** Verificar que los objetivos y las metas que se desean lograr con el sistema virtual se hayan alcanzado (especialmente aquellas relacionadas con la enseñanza-aprendizaje).
- **Métricas cuantitativas y cualitativas.** Analizar métricas cuantitativas y cualitativas que puedan ayudar a medir la Experiencia del Usuario con base en sus necesidades y preferencias.
 - Las métricas cuantitativas podrían incluir el tiempo que los usuarios pasan en el sistema, la tasa de finalización de tareas, la frecuencia de uso, etcétera.
 - Las métricas cualitativas podrían incluir encuestas, entrevistas o sesiones de prueba en las que los usuarios brinden retroalimentación más detallada.
- **Efectividad del aprendizaje.** Es importante evaluar si los usuarios están logrando los objetivos de aprendizaje establecidos. Se pueden plantear las siguientes preguntas: ¿Los usuarios están reconociendo y comprendiendo los conceptos presentados? ¿Están ejercitando algún tipo de habilidad? ¿Están adquiriendo los conocimientos y habilidades previstos? ¿Están aplicando lo que han aprendido de manera efectiva?
- **Satisfacción.** Al finalizar la actividad, se debe evaluar el nivel de satisfacción del usuario con el fin de recopilar información sobre si la realización de la actividad fue placentera y cumplió con sus expectativas. Se pueden plantear preguntas, tales como ¿Cómo describirías tu experiencia general al utilizar el sistema virtual? ¿El sistema virtual cumplió tus expectativas? ¿Utilizarías el sistema virtual nuevamente en

el futuro? ¿Cómo compararías el sistema virtual con otras posibles soluciones?

- **Dificultad percibida.** Es importante recopilar información sobre cómo percibió el usuario la dificultad de la actividad. Esto puede ayudar a ajustar el nivel de desafío para futuras iteraciones. Se pueden plantear preguntas como las siguientes: ¿Hubo alguna tarea en particular que consideraste desafiante? ¿Hubo momentos en los que te sentiste perdido o frustrado mientras realizabas la actividad? ¿Consideras que la dificultad percibida afectó negativamente tu desempeño?
- **Repetición.** Es importante registrar si el usuario elige repetir la actividad, ya que esto puede indicar un interés o un desafío. Se pueden plantear algunas preguntas: ¿Has repetido la actividad o alguna tarea en el sistema virtual después de completarla por primera vez? ¿El sistema virtual te motiva de alguna manera para repetir actividades o tareas? ¿Hay una tarea en el sistema virtual lo suficientemente interesante o desafiante como para querer repetirla?
- **Inmersión y realismo.** Dado que se está trabajando en un sistema virtual, es importante registrar el nivel de inmersión y el realismo que siente el usuario. Se pueden plantear preguntas como: ¿Te sientes totalmente involucrado en el entorno virtual mientras interactúas con el sistema? ¿Las tareas en el sistema virtual te hacen sentir que estás experimentando una realidad diferente? ¿El sistema virtual se siente realista y coherente?
- **Feedback y evaluación.** Contempla las formas de evaluar al usuario al realizar la actividad. Se pueden plantear las siguientes preguntas: ¿Existe alguna forma de evaluar al usuario en tiempo real? ¿El sistema virtual brinda un *feedback* claro y útil en tiempo real? ¿El *feedback* puede ayudar a los usuarios a entender sus fortalezas y áreas de mejora?

- **Interacción y navegación.** Examina cómo los usuarios interactúan con los recursos y cómo navegan por el sistema. Se pueden plantear preguntas tales como ¿Los puntos de interacción son claros? ¿Puedes navegar fácilmente y sin dificultad por el sistema virtual? ¿Las acciones que realizas en el entorno virtual responden de manera rápida y precisa a tus movimientos y comandos? ¿El sistema virtual ofrece una gran variedad de opciones y formas de interactuar?
- **Accesibilidad.** Considera el nivel de acceso de los usuarios con respecto al sistema virtual. Se pueden plantear las siguientes preguntas: ¿Se puede acceder al sistema virtual desde dispositivos tradicionales de bajo costo? ¿Se puede acceder al sistema virtual desde diferentes dispositivos? ¿El sistema virtual puede ser utilizado por usuarios con diversas necesidades y capacidades?
- **Rendimiento técnico.** Evalúa el rendimiento técnico del sistema con respecto a la usabilidad. Se pueden plantear preguntas como: ¿El sistema virtual carga rápido? ¿Hay retrasos o problemas técnicos que afecten la Experiencia del Usuario? ¿Se ejecuta de manera estable durante toda la experiencia, sin bloqueos ni fallos inesperados?

3.4 Entrega final y seguimiento. Una vez evaluado el sistema virtual, se hace la entrega y se muestra a la institución/cliente el funcionamiento de la versión final, a fin de confirmar que cumple con los objetivos y los requerimientos establecidos en la etapa de análisis. De igual manera, se proporciona la documentación y soporte técnico generados para su uso. Posteriormente, se realiza un seguimiento para trazar el plan de mantenimiento y/o actualización de contenidos.

CONCLUSIONES

- La realidad extendida es una categoría general, de visión integradora, cuyo concepto ha evolucionado con el paso del tiempo. Actualmente, hace referencia a las tecnologías y a los sistemas de virtualidad que, como su nombre lo indica, pueden “extenderse” o enriquecerse mediante cualquier otro sistema o tipo de tecnología. La realidad extendida integra tres tipos de tecnologías de virtualidad: realidad aumentada, virtualidad aumentada y realidad virtual.
- Los sistemas de realidad aumentada registran y alinean entidades virtuales para presentarlas, en una pantalla, de forma superpuesta al entorno real con el propósito de complementarlo.
- Los sistemas de realidad aumentada delimitan intencionalmente la frontera entre la realidad física y las entidades virtuales para que el usuario no se abstraiga del mundo real. Además, se ejecutan de forma interactiva en tiempo real y se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de *hardware* utilizado (como sistemas fijos y móviles) y según las formas de reconocimiento del entorno (como sistemas de marcadores y sistemas de localización geográfica/mapeo).
- Los sistemas de virtualidad aumentada permiten presentar objetos reales en un entorno virtual.
- Los sistemas de realidad virtual son aquellos que permiten presentar simultáneamente entornos y objetos virtuales para generar cierto grado de inmersión.
- Los sistemas de realidad virtual se pueden categorizar en no inmersivos, semi-inmersivos e inmersivos. Los sistemas no inmersivos le permiten al usuario percibir el mundo virtual sin abstraerse de la realidad. Los sistemas semi-inmersivos están pensados para implementar dispositivos especializados que generan una mayor sensación de inmersión bajo el mismo principio de no abstracción, y, finalmente, los sistemas inmersivos se apegan a la idea con la que fue concebida originalmente la realidad virtual: generar una experiencia que atrape los sentidos del usuario para sumergirlo en la virtualidad.

- De acuerdo con sus cualidades, las tecnologías de virtualidad se pueden utilizar para generar aplicaciones como avatares/personajes virtuales, cinemáticas/secuencias, cuartos virtuales/salas virtuales/mundos virtuales, escenas/escenarios virtuales, gemelos digitales/simulaciones, imágenes 360°/videos 360°, metaversos, tours virtuales/recorridos virtuales y videojuegos/gamificación.
- En cuanto a las áreas fundamentales para la creación de entornos y objetos tridimensionales, destacan el modelado, la simulación física y dinámica, la navegación (composición y estructura de navegación), el material y texturizado UV, la iluminación y sombras, los recursos de interacción, la dirección de cámaras, la animación, el *rigging*, el contenido 2D y el renderizado.
- Los objetos de aprendizaje que utilizan las tecnologías de virtualidad pueden ser implementados en el campo de la educación para apoyar los procesos formativos. Su estructura básica consta de cuatro aspectos principales: teoría, que consiste en la información que va a exponer el objeto; experimentación, que permite al aprendiz interactuar y reflexionar sobre el contenido; evaluación, que permite medir el contenido del aprendiz, e información relacionada, que dirige al aprendiz a objetos y contenidos relacionados con la información expuesta.
- Los objetos de aprendizaje se distinguen por su accesibilidad, adaptabilidad, durabilidad, escalabilidad, generatividad, representación significativa, reusabilidad y su naturaleza unitaria para facilitar el aprendizaje.
- Al desarrollar un objeto de aprendizaje es necesario partir de un enfoque teórico-pedagógico. Las teorías educativas más relevantes en orden cronológico son: conductismo, cognitivismo, constructivismo y construccionismo. Todas proporcionan elementos sólidos para diseñar experiencias de enseñanza-aprendizaje; sin embargo, la elección del enfoque teórico depende de los objetivos que se quieren alcanzar en la realización del proyecto.
- Los objetos de aprendizaje pueden ser utilizados en el marco del sistema educativo mexicano, cuyo enfoque constructivista de corte social adopta como parte fundamental la formación por competencias basada en los cuatro pilares de la

educación: "saber conocer", "saber hacer", "saber ser" y "saber convivir". Desde la perspectiva de estos cuatro pilares, los tipos de objetos de aprendizaje y las competencias que se pueden desarrollar son:

- Objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje de tipo declarativo. Son objetos de tipo instruccional cuyo objetivo es conocer a través de los contenidos. Integran el aprendizaje memorístico y la comprensión de conceptos.
- Objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje de tipo procedimental. Son objetos relacionados con el desarrollo de habilidades para saber hacer. Representan la aplicación práctica de los conocimientos teóricos para ejercitar algún tipo de habilidad o competencia técnica.
- Objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje de tipo actitudinal. Son objetos que integran los dos pilares anteriores (saber conocer y saber hacer) más los valores como parte integral de la formación individual y la convivencia en una sociedad. Su objetivo es adquirir valores universales para ejercerlos en la práctica en una realidad social.
- Los métodos para dirigir el aprendizaje de los estudiantes en los cuales se pueden utilizar los objetos virtuales de aprendizaje son:
 - El aprendizaje basado en problemas al ser utilizados como herramientas que permiten plantear un problema para que los estudiantes puedan explorar, experimentar, discernir y reflexionar.
 - El aprendizaje basado en la solución de proyectos al ser usados como herramientas para presentar información, lo que favorece que los estudiantes puedan investigar, crear, aprender y trabajar en equipo.
- La combinación de teorías educativas con las tecnologías de realidad virtualidad pueden mejorar los procesos educativos al ofrecer una gran cantidad de posibilidades para crear experiencias de aprendizaje efectivas y significativas.
- Concretamente, el enfoque teórico constructivista-construccionista explota las cualidades de las tecnologías de virtualidad que las distinguen de otro tipo de

recursos, ya que permiten enfatizar el papel activo del estudiante en la construcción de conocimiento (aprendizaje práctico).

- Los objetos de aprendizaje integran una parte tecnológica, que proporciona los medios y recursos digitales para presentar y acceder a la información, y una parte educativa, que establece los objetivos y los enfoques pedagógicos para el aprendizaje.
- Los modelos son herramientas fundamentales para representar y comprender la complejidad inherente a las tecnologías de virtualidad, en relación con el desarrollo de espacios y objetos de enseñanza aprendizaje.
- Las metodologías utilizadas comúnmente para el desarrollo de entornos y objetos virtuales tridimensionales utilizan como referencia el modelo ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación).
- La etapa de análisis en el desarrollo de entornos y objetos virtuales de aprendizaje es un pilar crucial que sienta las bases para el éxito del proyecto. La identificación de perfiles y la definición de objetivos aseguran una alineación precisa con las necesidades educativas y los usuarios finales. La planificación de recursos y tiempo, junto con la consideración de las características del sistema, demuestran un enfoque holístico y estratégico hacia el diseño y la implementación de sistemas virtuales efectivos y coherentes.
- La etapa de producción de los entornos y objetos virtuales de aprendizaje se compone de diversas secciones que abarcan diferentes aspectos combinados permitiendo la creación de experiencias de aprendizaje inmersivas y efectivas.
- La etapa de evaluación proporciona una valoración integral y detallada del sistema virtual. Los resultados obtenidos validan la calidad y funcionalidad del sistema y garantizan que los usuarios disfruten de una experiencia enriquecedora y efectiva durante su proceso de aprendizaje.
- La integración de tecnologías de realidad virtual, realidad aumentada y otras formas de realidad extendida requiere una comprensión profunda de múltiples componentes interdependientes, desde el diseño conceptual hasta la

implementación técnica. Un modelo sistémico proporciona una guía clara para considerar todos los aspectos relevantes y cómo interactúan entre sí.

- Desarrollar un modelo sistémico beneficia a los diseñadores y comunicadores visuales a comprender y utilizar las tecnologías de virtualidad para crear entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje, ya que ofrece una estructura organizada y holística para abordar la complejidad inherente de la creación de experiencias de aprendizaje inmersivas y efectivas en entornos virtuales.
- Un modelo sistémico ofrece a los diseñadores y comunicadores visuales una perspectiva completa y organizada para abordar el diseño y desarrollo de entornos y objetos de enseñanza-aprendizaje basados en tecnologías de virtualidad. Esto les permite tomar decisiones más informadas, crear experiencias más efectivas y enfrentar los desafíos de diseño en el campo educativo y tecnológico de manera estructurada y coherente.

ANEXOS

Sección 1. Metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual (MDSERV)

En esta sección del anexo se presenta la metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual (MDSERV), la cual está dividida en tres etapas principales: etapa del diseño sistemático de la instrucción, etapa del diseño funcional del mundo virtual y etapa de implementación (Torres et al., 2017).

Figura 0.1 Etapas y ciclo de vida para el desarrollo de mundos virtuales con la metodología MDSERV

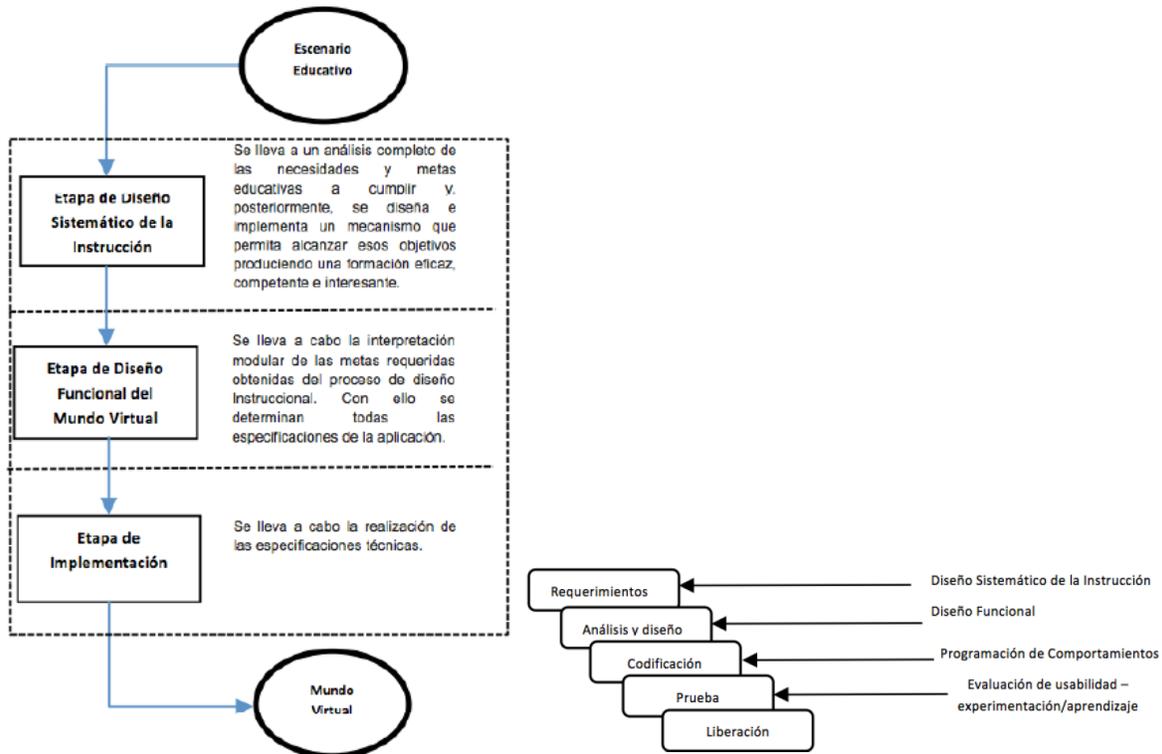
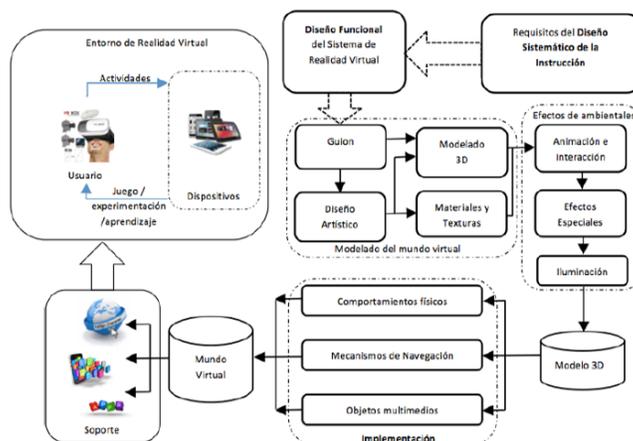


Figura 0.2 Subetapas de la metodología MDSERV



1. Diseño sistemático de la instrucción

Esta etapa inicia estableciendo un panorama general del escenario educativo y, dependiendo de sus características, se determinan los requerimientos instruccionales que sirven como entrada a la etapa de diseño funcional. Una vez determinados los requerimientos instruccionales, se procede a hacer un análisis detallado en el que se determinan puntualmente los objetivos de aprendizaje que se pretenden alcanzar con el material instruccional a desarrollar. Para alcanzar los objetivos, es necesario hacer un análisis de destrezas y habilidades subordinadas que se desean desarrollar en el usuario. Tal análisis instruccional proporciona a la etapa de diseño funcional una serie de especificaciones que se deben considerar para elegir de manera correcta las estrategias y los medios instruccionales que van a determinar el flujo de trabajo.

En esta etapa, se recomienda el desarrollo de un guion de la estructura del ambiente que abarque distintos aspectos que vayan desde la descripción del escenario educativo hasta la evaluación del aprendizaje.

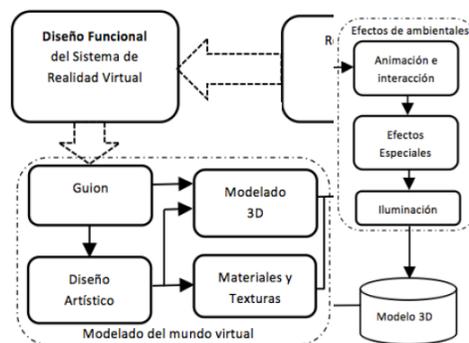
- Establecer un panorama general del escenario educativo para determinar los requerimientos instruccionales.

- Análisis instruccional detallado, así como de destrezas y habilidades subordinadas que se desean desarrollar en el usuario para determinar los objetivos de aprendizaje.
- Desarrollo de un guion de la estructura del ambiente.

2. Diseño funcional del sistema (mundo virtual)

La etapa de diseño debe describir con claridad la existencia de una relación predecible y fiable entre un estímulo propiciado por los materiales didácticos y la respuesta que se produce en un alumno con el aprendizaje de estos. En otras palabras, el diseñador tiene que identificar las competencias y las habilidades que el alumno debe dominar de acuerdo con el área de aprendizaje del sistema virtual a desarrollar.

Figura 0.3 *Diseño funcional del sistema: metodología MDSERV*



En este apartado, se definen los requerimientos para la etapa de diseño en donde, entre otras cosas, se determinan de forma específica las funciones a realizar en el mundo virtual. En este punto, se lleva a cabo el modelado del sistema o aplicación y sus distintas funciones. Los puntos por considerar en la etapa de diseño funcional del sistema son los siguientes.

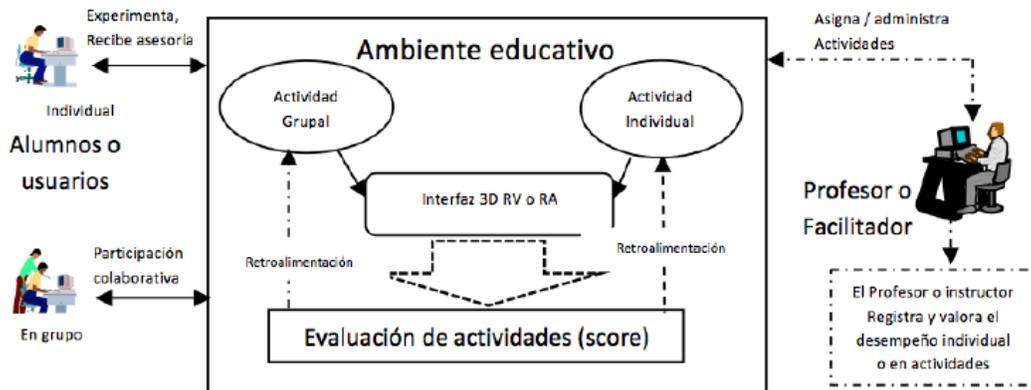
- Modelado del mundo virtual

- Realización de un guion
- Diseño artístico
- Modelado 3D
- Materiales y texturas
- Efectos ambientales
 - Animación e Interacción
 - Efectos especiales
 - Iluminación

Debido a que la metodología MDSERV tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación educativa de realidad virtual para dispositivos móviles, se asume que el usuario puede acceder a la aplicación en un horario y lugar indeterminados, por lo que el instructor (aquí llamado profesor o facilitador), en lugar de atender directamente la enseñanza, toma el papel de asesor y consejero en el proceso educativo individual, pudiendo proponer actividades o retos al participante únicamente si el usuario se encuentra en el ambiente lúdico. En ese sentido se proponen dos tipos de actividades.

- Actividades para realizarse de forma grupal.
- Actividades para realizarse de forma individual.

Figura 0.4 Ambiente educativo: metodología MDSESV



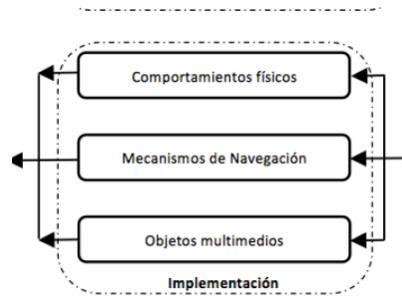
Por último, en esta etapa de la metodología, se propone considerar una evaluación como un elemento fundamental para mejorar la calidad de los conocimientos y las competencias del alumno o participante. Esta debe hacerse de forma integral abarcando todas las tareas que realiza el alumno, como la participación en grupo, sus interacciones con el facilitador u otros participantes, las consultas realizadas y el trabajo experimental, entre otras cosas, todo mediante un score o marcador que registre sus aciertos y errores y los traduzca en un porcentaje y/o puntuación.

- Evaluación de actividades (mediante score o marcador)

3. Implementación

En este paso, se le asignan al modelo tridimensional los comportamientos físicos, mecanismos de navegación y la inserción de componentes multimedia.

Figura 0.5 Implementación: metodología MDSERV

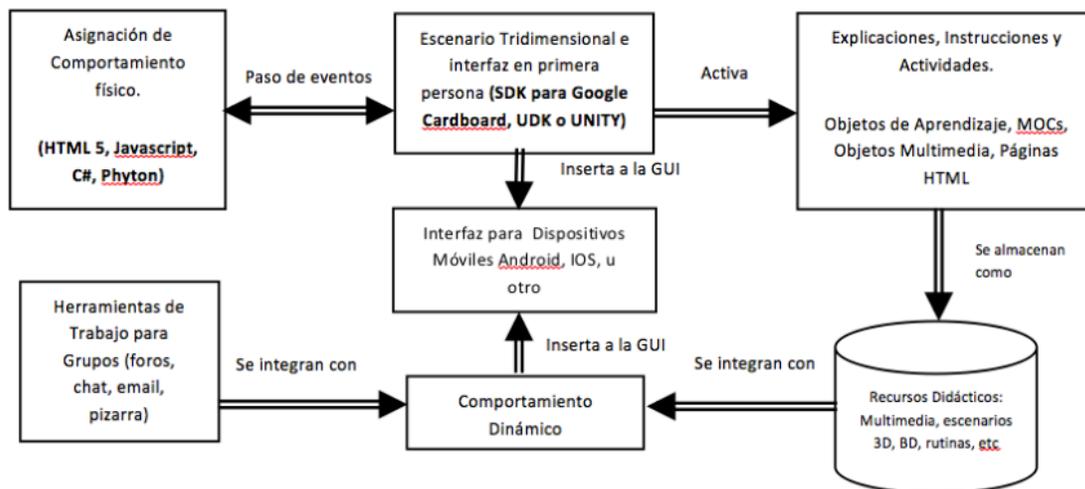


- Implementación
 - Comportamientos físicos
 - Mecanismos de navegación
- Objetos multimedia

Soporte

Para desarrollar esta etapa, se propone una arquitectura flexible basada en una interfaz gráfica, para dispositivos móviles, que utiliza un conjunto de programas de aplicación y lenguajes de programación estandarizados.

Figura 0.6 Arquitectura para sistemas de realidad virtual: metodología MDSERV



- Asignación de comportamiento físico (lenguajes de programación).
- Escenario tridimensional e interfaz en primera persona (vista y perspectiva del usuario).
- Explicaciones, instrucciones y actividades (objetos complementarios y lenguajes de marcado).
- Interfaz para dispositivos móviles (sistemas operativos).
- Comportamiento dinámico (tipos de interacción).
- Herramientas de trabajo para grupos (*social media*).

Sección 2. Metodología de desarrollo de mundo virtual usando lenguaje de modelado de realidad virtual (metodología de desarrollo VRML)

En esta sección del anexo, se presenta la metodología de desarrollo de mundo virtual usando lenguaje de modelado de realidad virtual (metodología de desarrollo VRML), la cual está dividida en siete etapas principales: especificación, planificación, muestreo, diseño, construcción pruebas y publicación (Muñoz L. J., 2019).

1. Especificación

En esta etapa, el usuario establece lo que se va a construir definiendo los requisitos o funcionalidades específicas que se desean para el proyecto. También, se debe tener un documento de especificación que contenga los siguientes puntos.

a) Descripción. Consiste en definir el tipo de proyecto (profesional o artístico) así como el nivel de detalle a alcanzar, locaciones a modelar y la finalidad del proyecto.

- Tipo de proyecto. El tipo de proyecto profesional toma como punto de referencia una matriz real/tangible de la que se recaban antecedentes objetivos que puedan servir como marco de referencia para desarrollar una “copia virtual”. Por el contrario, el tipo de proyecto artístico es el que está basado en las ideas que surgen de la imaginación.

- Nivel de detalle. Es importante que al pensar y presentar un sistema tridimensional se tomen en cuenta los detalles esenciales y efectivamente relevantes. De lo contrario, un nivel muy refinado y riguroso implica abarcar aspectos irrelevantes para el usuario, lo que se traduce en pérdida de tiempo y de recursos, y un aumento en los tiempos de carga.
- Locaciones. Implican el tipo de escenario a modelar; puede ser un escenario arquitectónico, biológico, químico, imaginario, etcétera.
- Finalidad del proyecto. En la exposición de este apartado, únicamente se menciona al propósito comunicacional del entretenimiento; sin embargo, existen otros propósitos que pueden ser igualmente implementados. Cabe señalar que en el apartado de la metodología que se centra en el tipo de proyecto se hace alusión al propósito de informar considerando explicar, definir, describir y exponer. El propósito comunicacional esencial al que no se hace mención es el de la persuasión, cuyas especificidades son la motivación a la acción y el convencimiento.

b) Usuarios y clientes. En este apartado se define el perfil del usuario, así como el perfil de la persona que encarga el proyecto (cliente). Este apartado no se explica a detalle, pero en la metodología se expone que es importante considerar si el usuario tiene algún tipo de discapacidad.

c) Recursos necesarios. Se deben definir cuáles van a ser los recursos que se van a ocupar en el desarrollo de la aplicación (*software* para el modelado tridimensional, editores de texto, así como el *software* de diseño).

d) Requerimientos funcionales. En este apartado se establecen los tipos de restricciones/limitantes visuales que tendrá la interfaz del sistema tridimensional, lo que permite definir el modo de interacción con el usuario:

- Restricciones estéticas. El propósito de este apartado es hacer que la “copia virtual” pueda ser identificable con su “objeto real”. En este apartado, se considera el color y uso de texturas para cubrir y/o presentar información adicional de los objetos tridimensionales.

- Restricciones técnicas. En este apartado, se miden los tiempos de carga (es decir, el tiempo que transcurre entre la llamada del archivo por la red y su completo despliegue en pantalla) y se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los dispositivos y los sistemas de acceso.

2. Planificación

En esta etapa, se deciden los tiempos y las formas en las que se va a construir el sistema tridimensional. El tiempo se define según diversos factores. Los más importantes son el número de personas, las condiciones y los plazos de entrega implicados en el proyecto. La forma en que se va a realizar el proyecto depende de su complejidad.

- Proyecto Simple. Son proyectos en donde se pueden presentar modelados sencillos con figuras volumétricas simples. Normalmente, en este tipo de proyectos se suele utilizar *software* general en donde la curva de aprendizaje no es tan elevada.
- Proyecto Complejo. Son proyectos cuyos modelados complejos normalmente requieren el manejo de *software* especializado.

Establecer la complejidad de un proyecto permite definir los tiempos de entrega y los costos económicos que implica concluir cada una de sus fases. Para llevar a cabo este apartado del proyecto, se propone el uso de una carta Gantt con las etapas generales involucradas (especificación, muestreo, diseño, construcción, pruebas y publicación).

3. Muestreo

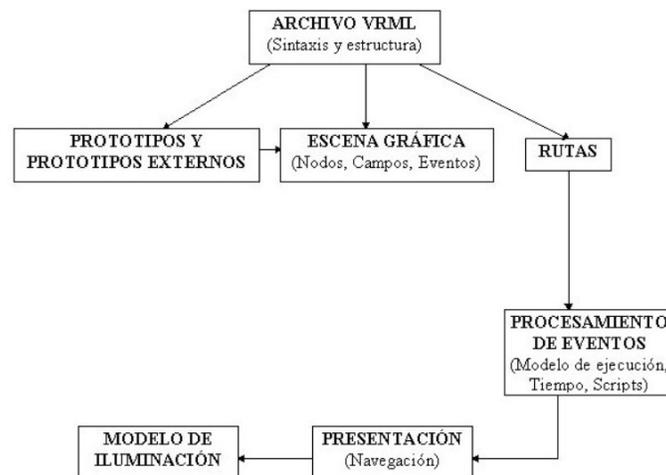
En esta etapa, se obtiene toda la información previa que es necesaria para llevar a cabo un adecuado modelamiento de los objetos del mundo virtual. La forma en que se recopila la información previa o antecedentes varía según el tipo de objeto que se puede modelar. En el caso de un ente biológico/orgánico es muy común hacer tomas fotográficas y videos que posteriormente puedan utilizarse como referencia. Cuando se trata de un ente

artificial/geométrico es muy común hacer una recopilación de esquemas técnicos y planos. Finalmente, se tiene el caso de los objetos dinámicos que pueden ir cambiando en el tiempo, ya sea en respuesta a eventos internos (un objeto cuyo movimiento afecte a otro) o externos (por ejemplo, dando un clic).

4. Diseño

Antes de iniciar cualquier proceso de diseño, conviene revisar la sintaxis y la estructura básica de un sistema que utiliza un lenguaje de modelado de realidad virtual.

Figura 0.7 Sintaxis y estructura básica de un sistema que utiliza un lenguaje de modelado de realidad virtual: metodología de desarrollo VRML



En un sistema que utiliza un lenguaje de modelado de realidad virtual, se pueden apreciar dos tipos de componentes: estáticos y dinámicos. Los componentes estáticos son aquellos que dan forma al objeto u objetos modelados, mientras que los componentes dinámicos son los eventos de los objetos que forman el entorno virtual, y se traducen en movimientos, sonidos o algún otro fenómeno perceptible para el usuario. Cabe señalar que estos eventos pueden ser tanto internos como externos. También es necesario comprender que un

sistema de realidad virtual está compuesto por una o más escenas gráficas interconectadas a las que el usuario puede acceder por medio de rutas.

a) Pasos preliminares en el diseño. Los pasos preliminares que se necesitan contemplar en la etapa de diseño son aquellos que están relacionados con el comportamiento del objeto

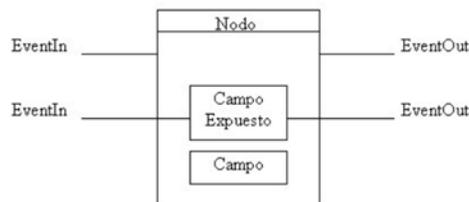
- Identificación de objetos. La identificación de objetos se hace a partir del análisis hecho en la etapa de especificación, y los antecedentes recogidos a partir del muestreo. En ese sentido, los objetos se pueden manifestar de las siguientes formas:
 - Lugares: Son el escenario en los que se encuentra el modelo y permiten apreciar su comportamiento general (por ejemplo, un estudio, un salón, un parque, etc).
 - Estructuras: Son figuras o formas dentro de una jerarquía que pueden ser descompuestas en otras más pequeñas hasta llegar al nivel más bajo (por ejemplo, las partes que conforman a los organismos vivos o las piezas de una máquina).
 - Ocurrencias o sucesos: Son los eventos ocurridos dentro del contexto en el que se encuentra el modelo (por ejemplo, un robot moviéndose por un escenario).
 - Señales: Son los elementos que indican o marcan el punto de partida de algún suceso (por ejemplo, un botón).
- Especificación de atributos. Son las características físicas propias del objeto tridimensional (por ejemplo; alto, largo, ancho, color, etc.). Para determinar cuáles son los atributos más adecuados del objeto tridimensional, se debe considerar el análisis de los antecedentes recopilados tanto en la etapa de especificación como en el muestreo, así como la finalidad del proyecto.
- Identificación de eventos. Un evento implica un cambio en los valores de los atributos del objeto tridimensional. Estos cambios pueden ser de posición, color, tamaño, forma, etc. Para determinar los eventos más adecuados que pueden aplicarse al objeto tridimensional, nuevamente se debe hacer un análisis tanto de

los datos entregados en la especificación como en el muestreo. Cabe señalar que los eventos pueden ser internos o externos. Un ejemplo de un evento interno es la colisión de un objeto con otro, mientras que un ejemplo de un evento externo es la activación de dicha colisión por medio de un botón.

- Comunicación entre objetos. Los objetos se comunican gracias al envío de mensajes a través de eventos. El análisis de la etapa de especificación y los datos recabados del muestreo debe indicar la existencia de esos eventos, sobre todo en aquellos escenarios dinámicos en donde los objetos presenten variaciones en su movimiento y características físicas.

Un escenario puede tener cientos de objetos y una buena cantidad de estructuras, por lo que es necesario lograr una representación concisa de estos conceptos. La notación que se propone en esta metodología es la que desarrolló Silicon Graphics el 6 de agosto de 1996 durante un seminario acerca de VRML. Dicha notación integra el nodo, el campo y el evento.

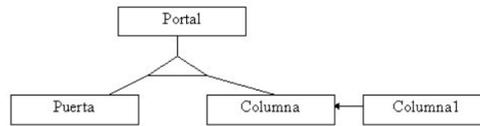
Figura 0.8 *Nodo, campo y evento: metodología de desarrollo VRML*



b) Estructura de ensamblaje. Un objeto tridimensional puede ser descompuesto en varias partes constitutivas que a su vez pueden ser definidas también como objetos, cuya posición en el escenario puede ser manejada de tres formas diferentes. Cabe señalar que en esta metodología se propone una notación en donde el objeto se representa en un rectángulo; la relación de ensamblaje, en un triángulo; y la instancia, con una flecha.

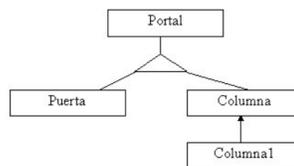
- Instancia en el mismo nivel del objeto. Implica que la instancia está solamente supeditada al desplazamiento del objeto superior.

Figura 0.9 *Instancia en el mismo nivel del objeto: metodología de desarrollo VRML*



- Instancia un nivel más bajo que el objeto. Implica que la instancia está supeditada al desplazamiento de su objeto, el cual, a su vez, está supeditado al desplazamiento del objeto superior.

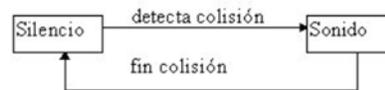
Figura 0.10 *Instancia un nivel más bajo que el objeto: metodología de desarrollo VRML*



c) Propiedades dinámicas. Después de considerar el ensamblado y la organización jerárquica de los objetos, es necesario definir el dinamismo que va a existir entre dichos objetos. Esta metodología propone realizar un diagrama de transición de estados e interacciones que refleje dicho dinamismo. A continuación, se presentan ambos tipos de diagrama.

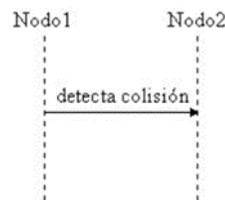
Diagrama de transición de estados. Por medio de este diagrama, se puede ver el tipo de estados por el que puede pasar un objeto determinado, junto con los eventos que ocasionan la transición de un estado a otro. Las flechas indican una transición de estado.

Figura 0.11 Diagrama de transición de estados: metodología de desarrollo VRML



- Diagrama de interacciones. Un diagrama de interacciones permite realizar una traza de todos aquellos sucesos de carácter dinámico que se puedan presentar en un determinado escenario. Los objetos van acompañados por una línea de segmentos vertical y los eventos van acompañados por una flecha.

Figura 0.12 Diagrama de interacciones: metodología de desarrollo VRML



En resumen, en la etapa de diseño, se obtiene la organización jerárquica de los objetos a modelar por medio de los diagramas de ensamblaje; mientras que todo lo relacionado con el aspecto dinámico e interacción entre los objetos que pueblan el mundo y la relación de estos con el usuario se obtiene mediante los diagramas de transición de estados y de interacciones.

5. Construcción

La construcción del código del proyecto se puede realizar de cuatro maneras:

- Digitando el código completo. Digitar el código es importante, sin embargo, si se trata de un proyecto profesional complejo en el que los plazos de entrega son importantes llevar a cabo esta idea no sería lo mejor.
- Usar herramientas de desarrollo. Las herramientas de desarrollo son más utilizadas en el diseño asistido por computadora que en la programación. Sin embargo, la facilidad con la que dichas herramientas pueden realizar ciertas tareas las vuelve completamente imprescindibles. Cuando se utilizan herramientas de desarrollo es muy importante elaborar una correcta estrategia para elegir las mejores, ya que se puede presentar falta de interoperabilidad entre ellas.
- Transformando archivos. Se puede trabajar pensando que las etapas y los apartados del proyecto deben partir de cero; sin embargo, existe la posibilidad que ya exista un proyecto parecido a lo que se pretende lograr y que, por lo tanto, solo sea necesario hacer una adecuada adaptación. Esto permite tener un gran ahorro de tiempo.
- Combinar las formas de construcción anteriores. Depende de la habilidad del programador poder combinar las diferentes formas en que se puede construir el código de un proyecto. Una correcta amalgama de dichas formas de construcción puede ser muy útil para optimizar los resultados.

6. Pruebas

Las pruebas permitirán apreciar si el resultado obtenido es el esperado o no y si efectivamente se ha logrado una representación reconocible con el objeto original.

Un aspecto importante en las pruebas es la detección de errores en la sintaxis del código mediante la carga del sistema tridimensional y su visualización en el navegador. Es

importante señalar que un buen navegador permite detectar los errores en el código y los muestra en una consola o ventana para poder corregirlos.

7. Publicación

En esta etapa se presenta el sistema tridimensional en un servidor web.

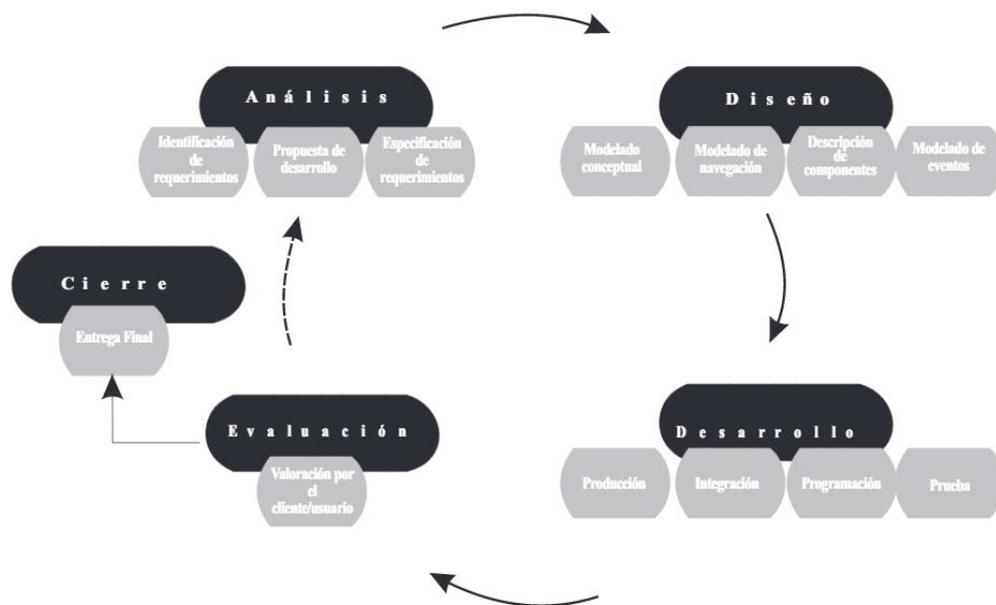
Consideraciones adicionales

- Espacio real/virtual. Al diseñar un espacio virtual es importante considerar que se debe comportar como si fuera real.
- Techos y pisos. Se debe considerar que, en ocasiones, los espacios virtuales pueden generar una sensación de ingravidez. Un piso, por muy humilde que sea, le permite al usuario tener una referencia natural para hacer una exploración más elegante del espacio virtual.
- Cámaras. El uso de cámaras puede ser importante para guiar al usuario hacia los puntos de interés o ayudarlo a posicionarse en el espacio virtual cuando se encuentre perdido.
- HTML. Es importante presentar una introducción que le explique al usuario lo que va a encontrar y con qué navegador se consigue un mejor resultado a fin de evitar escenarios virtuales que a la postre le resulten poco interesantes o que no se visualicen de manera correcta por ser incompatibles con el navegador.
- Compresión de archivos. La compresión permite reducir hasta 80% el tamaño original de un archivo, lo cual se traduce en menor espacio de almacenamiento. Otro beneficio de la compresión de archivos es que se puede tener un código más limpio al optimizar las líneas de código, caracteres y espacios en blanco.

Sección 3. Metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales (MDEET)

En esta sección del anexo, se presenta la metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales (MDEET), la cual está dividida en cinco etapas principales: análisis, diseño, desarrollo, evaluación y cierre (Morales et al., 2015).

Figura 0.13 Metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales



1. Fase de Análisis

La finalidad de esta fase es tener una perspectiva clara del contexto en el cual se va a enfocar la visita virtual, para lo que se definen y comprenden las necesidades del cliente a través de tres actividades:

- Identificación de requerimientos. Se analiza el caso, planteado por el cliente, para visualizar las necesidades que deberán ser cubiertas por el producto a desarrollar.

- Propuesta de desarrollo. En esta actividad, se forjan diferentes planes factibles de desarrollo que cubran las necesidades del cliente y cumplan con las restricciones establecidas de presupuesto y tiempo.
- Especificación de requerimientos. Con base en la información obtenida en los puntos anteriores, se crea documentación específica definiendo alcances, atributos, requerimientos (funcionales y no funcionales del producto) y limitaciones del producto a desarrollar.

Para puntualizar la descripción funcional y/o restricciones que debe satisfacer la visita virtual, se propone la siguiente tabla:

Figura 0.14 *Tabla para la descripción funcional y/o restricciones que debe satisfacer la visita virtual: metodología MDEET*

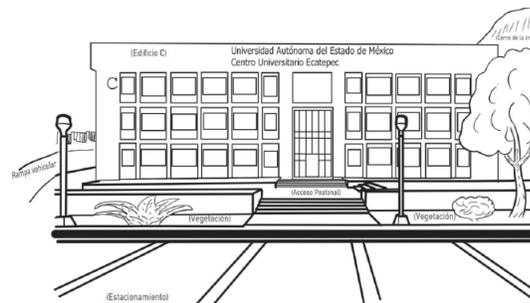
Descripción general del producto		Representación virtual tridimensional del campus "Centro Universitario UAEM Ecatepec", de la Universidad Autónoma de Estado de México.	
Objetivo:		Presentar información sobre las instalaciones y servicios que ofrece la institución a los aspirantes y alumnos, mediante un recorrido virtual, montado en el sitio Web del Centro Universitario.	
Requerimientos			
No.	Descripción	Funcional	No funcional
1	La visita virtual debe contar con características que le permitan al usuario acceder a él, desde cualquier equipo de cómputo que tenga acceso a Internet.	X	
2	La ejecución y navegación de la visita debe ser compatible con los exploradores web más populares.		X
3	La representación virtual de los espacios abiertos y arquitectónicos que componen el campus no será altamente inmersiva. Es decir, para su visualización será necesario utilizar dispositivos periféricos de bajo costo.	X	
4	La información de los servicios y la descripción de los departamentos serán presentadas en formato de texto, mediante una interfaz de lectura.	X	
5	La navegación en el recorrido virtual será a través de los controles básicos del mouse (scroll y botón primario) y teclado (flechas de dirección).		X
6	Se agregaran personajes humanoides solo como elementos de ambientación.	X	
Nota: En esta tabla solo se presenta un extracto de la descripción funcional y no funcional de la visita virtual.			

2. Fases de Diseño

En esta fase, se crean los modelos conceptuales y se definen las características explícitas e implícitas de cada uno de los componentes (objetos, personajes, escenarios, lenguajes, etc.) que conformarán la visita virtual.

- Modelado conceptual. Se toma, como punto de partida, la información generada en la fase de análisis. El cliente, en conjunto con el equipo de diseñadores, crea el concepto (modelos o bocetos) que será la base para desarrollar los escenarios tridimensionales que conformarán la visita virtual.

Figura 0.15 Modelo de escenario: metodología MDEET



- Modelado de Navegación. Se define la forma en que el usuario podrá recorrer e interactuar con los elementos que componen la visita virtual, así como la técnica de representación que se utilizará (tipo de vista del usuario: primera persona o tercera persona).

Figura 0.16 Modelo de navegación: metodología MDEET

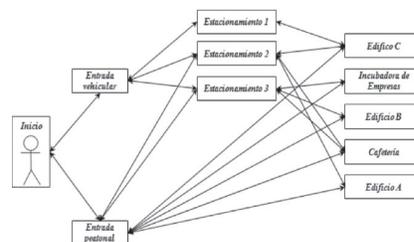


Fig. 4. Modelo de Navegación.

- Descripción de componentes. Su propósito es hacer una descripción detallada de los elementos que integrarán la visita virtual para identificar sus características físicas

particulares, el tipo de interactividad, su comportamiento dentro de los escenarios y la técnica de modelado que será utilizada para su desarrollo. En este apartado, se recomienda hacer uso de tablas de descripción de componentes, que sirven para que los modeladores tridimensionales puedan revisar de manera inmediata los principales atributos que conforman cada elemento.

Figura 0.17 *Tabla de descripción de componentes: metodología MDEET*

Tipo de plantilla		Descripción de objetos de ambientación					
Identificación	Objeto	Características				Cantidad	Escenario
		Color	Forma	Textura	Medidas		
O 001							
O 002							
Nota: 0 = Objeto ; conviene distinguir que solo se describe la tabla de objetos de ambientación, sin embargo, cada tipo de componente tiene sus propios atributos.							

- **Modelado de Eventos.** Se detallan los sucesos que serán detectados durante la visita virtual y las acciones correspondientes que los usuarios, los objetos y/o entornos van a realizar.

3. Fase de Desarrollo

El objetivo de esta fase es desarrollar una versión ejecutable del producto, señalando que, si por alguna razón los elementos desarrollados no cumplen con los criterios establecidos, la metodología permite retornar a las fases anteriores con el objetivo de modificar los errores. La fase de desarrollo deberá seguir una secuencia de actividades que se muestran y se puntualizan a continuación.

Figura 0.18 Fase de desarrollo: metodología MDEET



- Producción de componentes. Con el uso de herramientas de software para modelado tridimensional, se crean los espacios arquitectónicos, objetos, personajes y terrenos que integran los escenarios, la visita virtual, así como los materiales y texturas que serán aplicados a los componentes tridimensionales. De igual modo, se desarrollan las secuencias de audio y video necesarias para complementar la representación de la información deseada.
- Animación e integración. En lo que respecta a la actividad de animación, se producen secuencias de movimiento, cambio de posición o transformación de parámetros de los componentes según los modelos de navegación y eventos.
- Programación. Con la información proveniente de la etapa de diseño, se codifican y/o editan los eventos que disparan las acciones de respuesta establecidas para cada uno de ellos.
- Pruebas. Una vez finalizada cada iteración, se verifica el funcionamiento y la integración de los componentes tridimensionales con la finalidad de obtener información útil a fin de mejorar el producto en aquellos aspectos concernientes a los parámetros funcionales establecidos en las fases de análisis y diseño.

4. Fase de evaluación y valoración por el cliente/usuario

El producto final (considerado como versión Alfa) debe ser puesto a consideración del cliente a fin de confirmar que cumpla con los requerimientos planteados al inicio del

proyecto. Finalmente, la retroalimentación del cliente dará como resultado una versión beta del producto, que se pone a consideración del usuario, con pocos conocimientos acerca de la navegación en entornos virtuales, para valorar algún fallo no conocido por el equipo de desarrollo con la finalidad de que el producto pueda ser liberado.

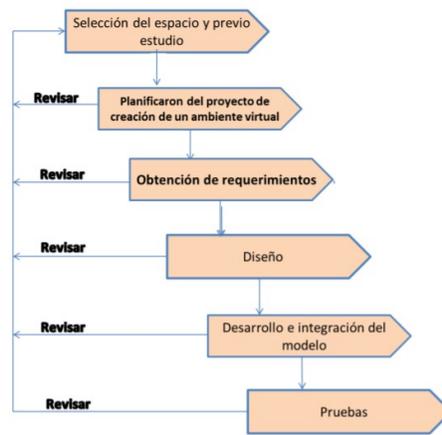
5. Fase de cierre y entrega final

En esta fase, se entrega la versión final de la visita virtual que está lista para implementarse en un ambiente con usuarios y condiciones reales, siendo susceptible de recibir un plan de mantenimiento y/o actualización de contenidos o componentes según los acuerdos trazados con el cliente.

Sección 4. Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real (MDAVREVR)

En esta sección del anexo, se presenta la metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales (MDEET), la cual está dividida en seis etapas principales: selección del espacio y previo estudio, planificación del proyecto, requerimientos, diseño, desarrollo e integración del modelo, pruebas (Castaño, 2012).

Figura 0.19 Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real



1. Selección del espacio y previo estudio

La etapa inicial para esta metodología consiste en escoger el espacio que será reproducido en el ambiente virtual, el cual puede ser real o imaginario. También se hace una breve descripción de los alcances y las limitaciones que va a tener el ambiente, el objetivo por el que se creará el ambiente y los objetos que compondrán este escenario. Esta información será recolectada usando el siguiente formulario.

Figura 0.20 Formulario para la recolección de datos relacionados con los objetos que componen el escenario: metodología MDAVREVR

Etapa uno: Selección del espacio		
Realizado por:	Fecha:	Código: FSEE01
Nombre del lugar:		
Tipo del espacio:	Tipos de objetos:	
Objetivo: _____		
Alcances: _____		

Limites: _____		

Luego de la breve descripción del ambiente, se procede a realizar un estudio de factibilidad, el cual se plantea en cuatro puntos: factibilidad técnica, factibilidad operativa, factibilidad de fecha y factibilidad económica.

- Factibilidad técnica. Indica si se tienen los equipos y el *software* necesarios y si estos cuentan con la capacidad técnica requerida para el diseño y la elaboración del ambiente. En el análisis de factibilidad técnica, también se estudia que las personas a cargo del diseño y desarrollo tengan la capacidad y la experiencia requeridas para poder llevar a cabo el proyecto; de esta forma, se garantiza la continuidad y el normal desarrollo de las propuestas establecidas para un ambiente virtual. La factibilidad técnica comprende los recursos tecnológicos necesarios para satisfacer las necesidades para crear un ambiente virtual, tales como *hardware*, *software*, conocimientos y experiencias que las personas involucradas tienen en su campo.
- Factibilidad operativa. La factibilidad operativa permite comprender cuál es la probabilidad de que el nuevo ambiente virtual se pueda usar como se supone y, así, determinar si el ambiente virtual es demasiado complejo para los usuarios potenciales y si el usuario está en la capacidad de explorar dicho ambiente; si es así, se calcula cuánto tiempo se requiere para capacitar al usuario en el uso correcto del mundo virtual. La factibilidad operativa es una medida para el correcto funcionamiento de una alternativa y para el desarrollo de un ambiente virtual. También es una medida de aceptación o de rechazo del proyecto por parte de las personas que en él participan. En esta etapa, se identifican las actividades necesarias para la creación del ambiente y se determinan los recursos necesarios para lograr los objetivos.
- Factibilidad de fecha. El estudio de factibilidad de fecha permite saber si se puede diseñar y desarrollar el ambiente virtual en un plazo considerable cumpliendo las expectativas del usuario final.
- Factibilidad económica. Los estudios de factibilidad económica permiten determinar si los costos de desarrollo del ambiente virtual se justifican en función a los

beneficios que se obtienen tomando en cuenta los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o los procesos. Los recursos básicos que deben considerarse son los siguientes: el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

Figura 0.21 Estudio de factibilidad: metodología MDAVREVR

Etapa uno: Estudio de Factibilidad.		
Realizado por:	Fecha:	Código: FSEED2
Factibilidad Técnica.		
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se dispone en la actualidad de la tecnología y software necesarios para el desarrollo del ambiente virtual? SI ___ NO ___ • ¿Se dispone de los conocimientos necesarios para poder desarrollar el ambiente virtual? SI ___ NO ___ • Si no se cuenta con los conocimientos necesarios. ¿Se dispone del tiempo necesario para capacitar el personal y así poder llevar a cabo el proyecto? SI ___ NO ___ 		
Factibilidad Operativa.		
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En que campo será utilizado el ambiente? Salud ___ Educación ___ Entretenimiento ___ • ¿El ambiente desarrollado será de fácil manejo para el usuario final? SI ___ NO ___ 		
Factibilidad de Fecha.		
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En que plazo se desarrollara el ambiente? Corto ___ Mediano ___ Largo ___ 		
Factibilidad Económica.		
<ul style="list-style-type: none"> • ¿los beneficios que se obtendrán del desarrollo del ambiente virtual será mayores que los costos? SI ___ NO ___ 		
Conclusión.		
<hr/> <hr/>		
Revisor por: _____ Fecha: _____		

Formulario 4.2. Estudio de factibilidad.

2. Planificación del proyecto de creación de un ambiente virtual

En esta etapa, se determinan las tareas y los tiempos que se deben cumplir. El tiempo de la creación del ambiente virtual depende directamente del número de personas que están a cargo del desarrollo del ambiente, así como las restricciones impuestas por el cliente, como el plazo de entrega o el presupuesto destinado para la creación del proyecto. La forma en que se construye el ambiente virtual depende de la complejidad o el nivel de detalle que se quiera alcanzar. Dicha complejidad se divide en dos tipos:

- Ambientes virtuales simples: estos ambientes virtuales tienen un nivel de detalles muy bajo.
- Ambientes virtuales complejos: el nivel de detalle de estos ambientes es elaborado y cuidadoso.

La diferencia entre un ambiente virtual simple y uno complejo radica en el nivel de detalle e interacción que puede precisar el usuario.

Una buena planificación, además de determinar las actividades y el tiempo en que dichas actividades se cumplirán, permite evaluar económicamente el proyecto haciendo un seguimiento de los costos necesarios para desarrollar cada una de las fases. Para la planeación del proyecto, se recomienda elaborar un cronograma de actividades.

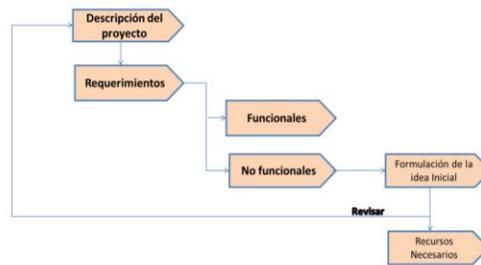
Figura 0.22 *Cronograma de actividades: metodología MDAVREVR*

Etapa tres: Cronograma de actividades				
Realizado por:		Fecha:		Código: FPCAV01
Nombre de la tarea	Duración de la tarea en días	Fecha de comienzo de la tarea	Fecha de terminación de la tarea	Persona que realizara la tarea

3. Obtención de requerimientos

En la etapa de obtención de requerimientos, se especifican las propiedades esenciales y deseables, así como las funcionalidades que va a tener el ambiente virtual, considerando que se puede modelar tanto un lugar real como uno imaginario y que el nivel de detalle que se puede alcanzar en el mundo virtual también varía. En este apartado, se señala que el nivel de detalle de un ambiente virtual no debe ser muy bajo, ya que se deja al usuario con pocas posibilidades de interacción. La fase de obtención de requerimientos se lleva a cabo mediante los siguientes pasos.

Figura 0.23 Etapa de obtención de requerimientos: metodología MDAVREVR



- Descripción del proyecto. Se describe en qué consiste el proyecto, así como el nivel de detalle que se van a manejar en los objetos del ambiente y la finalidad que va a tener dicho ambiente.
- Requerimientos. En este punto, se destacan dos tipos diferentes de requerimientos: funcionales y no funcionales.
 - Requerimientos funcionales. Se explican las funcionalidades que va a tener el ambiente, así como el nivel de interacción que ofrece el ambiente al usuario.
 - Requerimientos no funcionales. Se exponen las herramientas que se utilizarán para la visualización del ambiente.
- Formulación de la idea inicial. Luego de haber establecido una descripción del ambiente y de obtener los requerimientos funcionales y no funcionales, se procede a la creación de una maqueta o una representación en papel de la idea inicial (*storyboard*). Esta primera idea debe ser verificada por el director del proyecto y por el cliente, quienes deciden si esa idea se puede desarrollar definitivamente.
- Recursos necesarios. En este punto, se establecen las herramientas y los recursos que se utilizarán para el desarrollo del ambiente virtual como son el *software* y el sistema operativo, además del personal encargado para el desarrollo del ambiente.

A continuación, se presenta de forma gráfica el storyboard del documento para la obtención de requerimientos.

Figura 0.24 Formulario para la obtención de requerimientos: metodología MDAVREVR

Etapa dos: Obtención de requerimientos		
Realizado por:	Fecha:	Código: FOR01
Nombre del ambiente:		
Descripción:		
Requerimientos funcionales:		
Requerimientos no funcionales:		
Recursos necesarios:		

4. Diseño

En esta etapa, se diseña el ambiente virtual y se comienza obteniendo información de diversas fuentes, como los antecedentes, es decir, ambientes virtuales ya realizados en otros proyectos que sirven como punto de comparación. Otra forma de obtener información es crear un croquis del espacio o acceder a planos y fotografías existentes.

Para el caso de un ambiente virtual complejo donde se manejan objetos con animaciones, se debe tener conocimiento de las piezas y el funcionamiento de dichos objetos para poder recrear sus movimientos.

La información obtenida en esta etapa es muy útil, ya que permite ubicar los elementos que componen el ambiente y la distancia para tener un adecuado modelamiento del lugar. A fin de poder hacer un diseño completo y preciso del ambiente, se deben seguir los siguientes pasos.

Figura 0.25 Etapa de diseño: metodología MDAVREVR



- Identificar el espacio. Se debe establecer si el lugar es imaginario o si es una representación de un espacio de la vida real. Identificar el lugar a modelar permite apreciar el comportamiento y el contexto general del ambiente.
- Identificación de los objetos. Es importante identificar si los objetos que se van a manejar en el ambiente son objetos reales u objetos imaginarios. Luego, se identifican los objetos que componen el ambiente mediante la obtención de información, ya sea por medio de fotografías o de los planos del lugar a modelar. Los objetos se pueden clasificar en varios tipos:
 - Estructuras. Se trata de aquellas figuras o formas que influyen en la transformación jerárquica del ambiente; por ejemplo, edificios, máquinas, seres vivos, etc.
 - Objetos estáticos. Son objetos que carecen de movimiento.
 - Objetos dinámicos: Son aquellos objetos que pueden ser puestos en movimiento por medio de la interacción del usuario (clic) o simplemente están en constante movimiento.
- Descripción de atributos. Una vez identificados los objetos que componen el ambiente virtual, se procede a establecer los atributos, los cuales otorgan cualidades al ambiente. Estos atributos son características físicas de los diferentes objetos que componen el ambiente, por ejemplo, las texturas y el tamaño. Para la descripción de los atributos, se deben tener en cuenta las fotografías del escenario y, en su defecto, los requerimientos obtenidos del cliente.
- Identificación de eventos. Este apartado consiste en identificar los cambios que sufren los objetos del ambiente después de un evento. Los objetos pueden sufrir cambios de color, posición o movimientos (para poder identificar los eventos de los objetos se deben tener en cuenta los requerimientos funcionales).

Para recolectar la información acerca de la etapa de diseño, se debe manejar el siguiente formulario, el cual se debe hacer con cada uno de los objetos que se encuentran en el espacio.

Figura 0.26 Formulario de la etapa de Diseño: metodología MDAVREVR

Etapa cuatro: Etapa de diseño		
Realizado por:	Fecha:	Código: FED01
Nombre del objeto:		
Tipo de objeto: Real __, Imaginario __, Estáticos __, Dinámicos __		
Descripción de atributos: _____ _____		
Descripción de eventos: _____ _____		

5. Desarrollo e integración del modelo

Luego de seguir los pasos anteriores, se procede al desarrollo y a la integración del modelo del ambiente virtual. El desarrollo consiste en ir dando forma a los objetos que luego serán utilizados en la escena, según sea la necesidad del ambiente, el nivel de detalle que se quiere obtener y del presupuesto del proyecto. Los objetos pueden ser comprados, descargados de internet o creados por el desarrollador.

- Digitar el código completo. Digitar el código completo puede resultar una buena o mala idea, dependiendo del tipo de objeto a modelar y los requerimientos establecidos, por lo que hay que tener en cuenta el conocimiento que tiene el equipo de trabajo en relación con la programación y el software de modelado. Si el equipo no cuenta con este conocimiento, hay que tener en cuenta el plazo de entrega del ambiente para poder considerar su capacitación. Otro aspecto que hay que tener en cuenta es la complejidad de los objetos, ya que esto también afecta los tiempos de entrega.
- Usar una herramienta para crear gráficamente el objeto. Utilizar software de modelado gráfico proporciona la ventaja de que se pueden llevar a cabo la creación de objetos complejos de una forma sencilla y en menor tiempo. Un aspecto importante del uso de software de modelado gráfico es que los objetos pueden ser

instanciados, con lo cual pueden ser reemplazados con mayor facilidad. A la hora de elegir el software de modelado gráfico, es importante considerar la interoperabilidad y compatibilidad con otro tipo de software.

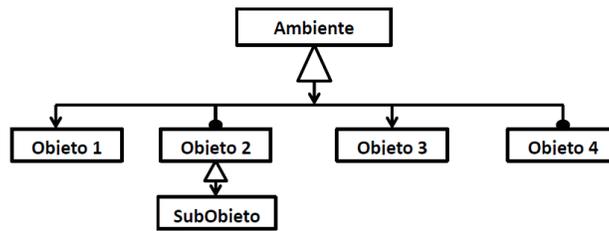
- Transformación de archivos. Existe la posibilidad de que haya algún proyecto anterior relacionado con lo que se quiere modelar y que, por lo tanto, solo sea necesario hacer una adaptación de su código. Existen herramientas que permiten transformar de un formato a otro directamente, lo que significa un gran ahorro de tiempo, ya que solo quedaría ajustar detalles y agregar ciertas funcionalidades para cumplir con los requerimientos dados por el cliente o usuario.
- Combinar los métodos anteriores. La combinación de los tres métodos mencionados resulta ser una de las mejores alternativas de desarrollo de un ambiente virtual complejo, ya que se aprovecha al máximo el potencial de las diferentes herramientas que trabajan gráficamente junto con los ajustes manuales de algunos detalles que no satisfacen los requerimientos.

Por eso resulta muy importante la interoperabilidad de las herramientas utilizadas para de esa manera optimizar los resultados esperados.

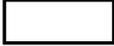
El ensamble

Un ensamble, también conocido como “compuesto-de” (*made-of*), hace referencia a que un ambiente virtual está compuesto por una cantidad determinada de objetos y, a su vez, estos están compuestos por otros objetos subordinados. En el siguiente diagrama, se presenta gráficamente el ensamble de un ambiente virtual y de sus objetos contenidos.

Figura 0.27 Diagrama en donde se presenta gráficamente el ensamble de un ambiente virtual: metodología MDAVREVR



Nomenclatura del diagrama de ensamble.

-  = Objetos que conforman el ambiente o Subobjetos.
-  = Representa Ensamble o pertenencia.
-  = Representa de que el ambiente contiene el mismo objeto varias veces.
-  = Representa que el ambiente contiene el objeto una sola vez

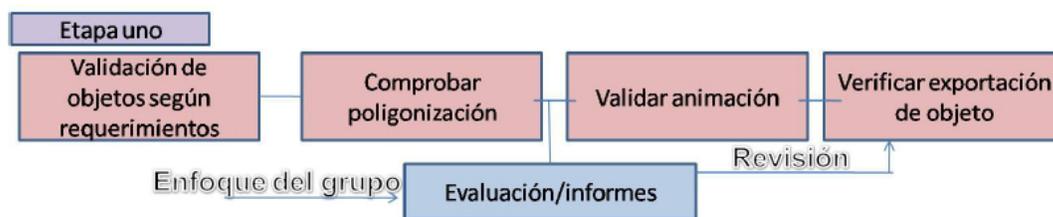
En esta etapa, se recomienda que las personas encargadas del desarrollo del ambiente realicen pruebas para verificar que el ensamble y los modelados del ambiente u objetos sean los correctos.

6. Pruebas

Ejecutar pruebas es una actividad muy importante en cualquier tipo de desarrollo de *software*. Esta actividad tiene el objetivo de ajustar y optimizar la calidad del producto identificando defectos y problemas. La etapa de prueba de esta metodología está basada en el trabajo de grado de Ellelver Arleynder Meneses Jaimes (2008) titulado “Definición de un procedimiento para la aplicación de pruebas en el desarrollo de mundos virtuales” en donde se menciona que el proceso de pruebas de un ambiente virtual consta de tres apartados:

a) Diseño de objetos gráficos. Abarca toda la parte de diseño de los objetos tridimensionales. Esta etapa manejará cuatro casos de pruebas, cada uno con un formulario específico.

Figura 0.28 Etapa uno del proceso de pruebas: metodología MDAVREVR



- Validar objetos según los requerimientos. En este caso de prueba, el diseñador debe verificar que a cada objeto le correspondan los requerimientos iniciales del ambiente virtual, es decir, características del objeto como la forma, el color, el tamaño o el tipo de textura. Para este caso de prueba, se debe usar el siguiente formulario.

Figura 0.29 Caso de pruebas según requerimientos: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Validación de objetos según los requerimientos	Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Color del objeto:	Nombre del archivo:
Prueba ejecutada por:		
Características Especiales: _____		
Observaciones y Sugerencias: _____		

- Comprobar poligonización. El objetivo de esta prueba es eliminar la mayor cantidad de polígonos de los diferentes objetos para evitar tiempos de carga y ejecución lentos. Para capturar este tipo de prueba, se utiliza el siguiente formulario.

Figura 0.30 Caso de prueba según poligonización: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Comprobar	Objeto construido en:	Prueba numero:
Poligonización		
Diseñador:	Numero de Poligonos removidos	Nombre del archivo:
Prueba ejecutada por:		
Características Especiales: _____		

Observaciones y Sugerencias: _____		

- Validar animación. El objetivo principal es construir las animaciones en los objetos sin perder la calidad (un objeto puede tener varias animaciones a la vez). Las animaciones están determinadas por líneas de tiempo divididas en segmentos llamados *frames*. Para que las animaciones se vean fluidas, deben comprender entre 20 y 24 *frames* por segundo. La información acerca de este caso de prueba se recoge en el siguiente formulario.

Figura 0.31 Caso de prueba para validar la animación: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Validar animacion	Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Numero De Huesos	Nombre del archivo:
Prueba ejecutada por:	Total de Frames:	
Especificación de animación y numero de frames: _____		

Observaciones y Sugerencias: _____		

- Verificar la exportación de los objetos. Este caso de prueba permite verificar los efectos aplicados en el objeto y que se pueden exportar con el software de diseño tridimensional. En el siguiente formato se capturará esta información.

Figura 0.32 *Caso de pruebas para validar exportación de objetos: metodología MDAVREVR*

Casos de prueba: Validar exportación de objeto	Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Numero De Huesos	Nombre del archivo:
Prueba ejecutada por:	Formato de exportacion:	
Descripción de Exportaciones: _____		

Observaciones y Sugerencias: _____		

- Evaluación/informes. Es el cierre del apartado de diseño de objetos gráficos. Se hace un último análisis de la ejecución de pruebas y se genera un informe adicionando las plantillas de pruebas.

b) Programación. El apartado de programación hace referencia a los desarrolladores, quienes son los que importan los objetos, controlan las animaciones, organizan y arman el mundo virtual, entre otras actividades.

Figura 0.33 Etapa dos del proceso de pruebas: metodología MDAVREVR



- Importar objetos. Los desarrolladores deben verificar los objetos cuando se importan al mundo virtual para evitar un colapso en el sistema o en el mundo virtual.

Figura 0.34 Caso de prueba para importar objetos: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Importar Objetos	Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Nombre del archivo	
Prueba ejecutada por:		
Descripción del Problema: _____		

Observaciones y Sugerencias: _____		

- Tiempo de ejecución. Permite mejorar la rapidez del mundo virtual. Los desarrolladores deben observar la mejor manera para codificar el mundo virtual y poder lograr que sea lo más liviano posible en su ejecución.

Figura 0.35 Caso de prueba para el tiempo de ejecución: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Tiempo de ejecución	Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Nombre del archivo:	
Prueba ejecutada por:	Procesador:	
Características Especial: _____		

Observaciones y Sugerencias: _____		

- Ejecución y animación de los objetos. La tarea del desarrollador con este tipo de objetos es ubicarlos en la escena y controlar su animación mediante su repetición según se necesite. La prueba consiste en examinar la realidad de las animaciones, es decir, si al generar un bucle en las animaciones surge algún defecto.

Figura 0.36 Caso de prueba para ejecución y animación de los objetos

Casos de prueba: Ejecución y animación de objetos	Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Falla en Intervalo	Nombre del archivo
Prueba ejecutada por:		
Descripción Especial del defecto: _____		

Observaciones y Sugerencias: _____		

- Tolerancia de *hardware*. Este tipo de prueba tiene como objetivo delimitar el mundo virtual para su ejecución en diferentes dispositivos. Para esto, los desarrolladores deben probar el mundo virtual en varias máquinas de tal forma que se puedan establecer los requerimientos mínimos de *hardware*.

Figura 0.37 Tolerancia de hardware: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Tolerancia de Hardware		Objeto construido en:	Prueba numero:
Diseñador:	Memoria Ram:	Nombre del archivo	
Prueba ejecutada por:	Memoria de Video	Procesador:	
Tarjetas de Video: SI , NO	Sistema Operativo:	Especificaciones SO	
Características Especial: _____			

Observaciones y Sugerencias: _____			

- Validación de objetos según requerimientos, validar animación y comprobación de polígonos. El desarrollador debe evaluar la animación de los objetos tomando en cuenta su base poligonal. Para realizar dicha evaluación, se utilizan los mismos formularios que utiliza el diseñador en estos casos de prueba.
 - Evaluación/informes. Es el cierre del apartado de programación, en el que se hace un último análisis de la ejecución de pruebas y se genera un informe que se complementa con las plantillas de pruebas. El informe debe contener información sobre la posición de los componentes del mundo virtual. Además, se deben anexar las plantillas de los componentes evaluados.
- c) Pruebas de usuario. Este es un apartado de casos de prueba para el usuario final en donde personas ajenas al proyecto elaboran pruebas del mundo virtual.
- Instalación del mundo virtual. Caso de prueba en el cual se instala el mundo virtual en un ordenador que cumpla con los requerimientos de *hardware* mínimos. La prueba finaliza al ejecutar el mundo virtual sin que se generen ningún tipo de fallas. Las características de la máquina se establecen en el siguiente formulario.

Figura 0.38 Caso de prueba de instalación del mundo virtual: Metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Instalación del ambiente virtual	Ambiente virtual:	Prueba numero:
Prueba ejecutada por:	Nombre del archivo:	Tarjeta de video: si__no__
Instalación Realizada con Éxito: Si__no::	Memoria RAM	Memoria de video:
Espacio en Disco Dura:	Sistema Operativo	Especificación del SO
Especificación de la instalación		

- Maniobrabilidad. Sirve para evaluar qué tan rápido se adapta el usuario al mundo virtual, qué tan fácil le resulta controlarlo y si se siente cómodo con los controles.

Figura 0.39 Caso de prueba de maniobrabilidad: metodología MDAVREVR

Casos de prueba: Maniobrabilidad	Ambiente virtual:	Prueba numero:
Prueba ejecutada por:	Calidad de Maniobra: Mala __,Aceptable __,Buena __,Exelente __	
Características Especiales		

Observaciones y Sugerencias:		

- Efectos especiales. Son elaborados de forma matemática con tratamiento de imágenes. Como ejemplo, se pueden mencionar la llama de una antorcha, el agua, las chispas de un corto circuito, el humo de un automóvil, la iluminación de un bombillo, etc. En el formulario, las personas encargadas de ejecutar esta prueba deben observar que los efectos sean acordes con el mundo real.
- Tolerancia a errores externos. Este caso de prueba evalúa cómo responde el mundo virtual a fallas o errores ajenos: que no haya energía, que el ordenador presente fallas de *hardware* o que haya un colapso en el sistema operativo.
- Evaluación/informes. Para la entrega de este informe es importante reunir a todos los integrantes del grupo y determinar si es o no necesario realizar nuevamente las pruebas.

Sección 5. Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada (MCOVARA)

En esta sección del anexo, se presenta la metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje (OVA) basados en realidad aumentada, la cual está dividida en cinco etapas principales: análisis del negocio, diseño y selección de herramientas, construcción y adaptación de los componentes de ingeniería, evaluación e implantación (Tovar et al., 2014).

1. Análisis del negocio

En esta fase el equipo multidisciplinario se reúne y define los siguientes aspectos concernientes a los OVA:

a) Análisis. Se define la problemática por solucionar con el desarrollo de los OVA; el público al que está dirigido el proyecto, que, en este caso, es el mismo al que afecta el problema a solucionar; la solución propuesta a la problemática; la temática que se abordará, y las características básicas de los OVA a desarrollar.

b) Obtención. Se establecen los requerimientos funcionales y no funcionales de los OVA con base en la manera como el experto aborde la temática. Se obtiene el inventario de los modelos 3D a desarrollar, los cuales son parte de los elementos multimedia inmersos en los OVA.

c) Digitalizar el material. Se generan los materiales multimedia y los modelos 3D que formarán parte de los OVA. Los materiales multimedia y modelos 3D son validados por el experto en la temática y, en caso de necesitar correcciones, estas son realizadas de inmediato, preferiblemente antes de pasar a la siguiente fase.

2. Diseño y selección de herramientas

En esta fase, se diseña la relación de los objetivos, los contenidos informativos, las actividades y la evaluación como parte del diseño en la estructura de los OVA. También se deben identificar las herramientas por utilizar basándose en un análisis detallado.

a) Diseño. Se realiza la organización de los contenidos. Tomando como punto de partida que los OVA buscan apoyar la apropiación del conocimiento en una temática específica.

b) Actividades. Se deben indicar las actividades que se van a realizar en los OVA con el fin de apoyar la apropiación de los conceptos presentados.

c) Evaluación. Se realiza con el fin de medir el nivel de apropiación de los conceptos expuestos.

d) Identificación de herramientas. Se debe hacer una exhaustiva investigación sobre las herramientas y los componentes de AR que mejor se adapten a las características del proyecto.

d) Análisis de herramientas. Se deben establecer prioridades dentro de las características de las herramientas para establecer la que mejor se adapte en el desarrollo de los OVA.

3. Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería

En esta fase, se deben realizar los marcadores de realidad aumentada correspondiente a cada OVA. Además, se lleva a cabo el desarrollo de la aplicación que corresponde a la formación de los OVA como tal, utilizando cada uno de los elementos generados en las fases anteriores como los modelos 3D, los contenidos teóricos, los contenidos evaluativos, los audios y los marcadores.

a) Construcción de los marcadores. En esta instancia se realizan los marcadores de realidad aumentada que serán útiles para cada OVA, para lo cual se deben tener en cuenta características importantes que garanticen el diseño apropiado de los marcadores, tales como la cantidad de vértices, colores, contrastes, entre otros.

b) Construcción de la aplicación. Esta es una de las partes más importantes en el desarrollo de los OVA, ya que aquí se hace uso de los componentes seleccionados en fases previas para integrar todos los elementos constitutivos de los OVA, como los modelos 3D, archivos multimedia, contenidos informativos, actividades y evaluación.

4. Evaluación e implantación

En esta fase se realiza el proceso de evaluación de los OVA con base en los requerimientos funcionales y no funcionales, y, luego, los requerimientos del usuario. En esta instancia, se pueden aplicar encuestas, actas u otras actividades que sirvan como evidencia del proceso.

a) Evaluación por personal calificado. Sirven para comprobar que los OVA cumplen con las características deseadas. Se tiene en cuenta el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales. En caso de presentar correcciones, estas deben ser atendidas antes de pasar a la siguiente instancia. Se recomienda obtener evidencia de este proceso.

b) Evaluación estudiantes. En este paso es importante que los OVA ya estén avalados por el personal calificado para que los estudiantes puedan hacer uso de ellos, verificando su utilidad en el proceso de aprendizaje e indicando posibles mejoras de acuerdo con la necesidad. Se recomienda tener soportes como evidencia en este proceso.

En la fase de la implantación, se realiza el proceso de publicación para que los usuarios tengan acceso a los contenidos, por lo cual se deben integrar los OVA a un sistema de gestión de aprendizaje que facilite su acceso.

Sección 6. Resumen y lista de verificación de los aspectos considerados en las metodologías seleccionadas para la construcción de entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje.

En esta sección, se presenta un resumen y una lista de verificación de los aspectos considerados en cada una de las etapas de las metodologías seleccionadas para la construcción de entornos y objetos virtuales de aprendizaje. Dichas metodologías son:

- Metodología para el desarrollo de sistemas educativos de realidad virtual [MDSERV] (Torres et al., 2017).
- Metodología de desarrollo de mundo virtual usando VRML [MDMVVRL] (Muñoz L. J., 2019).
- Metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales [MDEET] (Morales et al., 2015).
- Metodología para el desarrollo de ambientes virtuales en la representación de espacios de la vida real [MDAVREVR] (Castaño, 2012).
- Metodología para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada [MCOVARA] (Tovar et al., 2014).

Tabla 0.1 Resumen de los aspectos considerados en las metodologías seleccionadas para la construcción de entornos y objetos virtuales tridimensionales de aprendizaje

Metodología/ etapas	MDSERV	Metodología de desarrollo VRML	MDEET	MDAVREVR	MCOVARA
Etapas	Diseño sistemático de la instrucción	Especificación	Análisis	Selección de espacio y previo estudio	Análisis del negocio
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se describe el escenario educativo actual. 2. Se definen requerimientos instruccionales. 3. Se establecen los objetivos de aprendizaje. 4. Se define como evaluar los objetivos de aprendizaje. 5. Se determina el flujo de trabajo. 6. Se definen las herramientas de desarrollo. 7. Se definen las tecnologías de información a utilizar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se recopilan los antecedentes del proyecto. 2. Se definen los requisitos del proyecto. 3. Se elabora una descripción. <ol style="list-style-type: none"> a) Se define el tipo de proyecto (profesional o artístico). b) Se define el nivel de detalle (esencial o riguroso). c) Se definen las locaciones (temática del escenario). d) Se define la finalidad del proyecto (informar, persuadir, entretener). 4. Usuarios y clientes. <ol style="list-style-type: none"> a) Se define el perfil del usuario. b) Se investiga si el usuario tiene alguna discapacidad. c) Se define el perfil de la persona que encarga el proyecto (cliente). d) Recursos necesarios. Se definen los recursos que se van a ocupar en 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se definen y comprenden las necesidades del cliente. <ol style="list-style-type: none"> a) Identificación de requerimientos. Se analiza el planteamiento del cliente y se definen las necesidades que deben ser cubiertas. b) Propuesta de desarrollo. Se trazan planes factibles de desarrollo que cumplan con las necesidades del cliente y las restricciones de presupuesto y tiempo. c) Especificación de requerimientos. Se definen los alcances, los atributos, los requerimientos (funcionales y no funcionales) y las limitantes del proyecto a desarrollar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el espacio que será producido (real o imaginario). 2. Describir los alcances y las limitaciones del proyecto. 3. Definir objetivo y propósito del proyecto. 4. Estudio de factibilidad. <ol style="list-style-type: none"> a) Factibilidad técnica. <ul style="list-style-type: none"> -Determinar si se cuenta con el <i>hardware</i> y el <i>software</i> óptimos. -Determinar si las personas involucradas tienen la capacidad y la experiencia requerida. b) Factibilidad operativa. <ul style="list-style-type: none"> Complejidad de uso para los usuarios potenciales. c) Factibilidad de fecha. <ul style="list-style-type: none"> Definir los plazos de entrega 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Análisis. <ul style="list-style-type: none"> -Problemática a solucionar. -Público al que está dirigido el proyecto. -Solución propuesta. -Características básicas de los OVA a desarrollar. 2. Obtención. <ul style="list-style-type: none"> -Requerimientos funcionales y no funcionales de los OVA. -Inventario de los modelos 3D a desarrollar. -Digitalizar el material. - Se generan los materiales multimedia y los modelos 3D que formarán parte de los OVA. - Los materiales multimedia y los modelos 3D son validados por el experto.

		<p>el desarrollo de la aplicación (<i>software</i>) para el modelado tridimensional, editores de texto, <i>software</i> de diseño, etc.).</p> <p>5. Requerimientos funcionales.</p> <p>a) Restricciones estéticas. Se consideran formas, colores y texturas.</p> <p>b) Restricciones técnicas. Se miden los tiempos de carga y se establecen las especificaciones técnicas mínimas de los dispositivos y los sistemas de acceso.</p>		<p>para cumplir en tiempo y forma.</p> <p>d) Factibilidad económica.</p> <p>Determinar los costos de desarrollo tomando en cuenta el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquisición de nuevos recursos.</p>	
Etapas	Diseño funcional del sistema virtual	Planificación	Diseño	Planificación del proyecto de creación de un ambiente virtual	Diseño y selección de herramientas
	<p>1. Se determinan las funciones del usuario en el mundo virtual.</p> <p>2. Modelado del mundo virtual.</p> <p>a) Realización de un guion.</p> <p>b) Diseño artístico.</p> <p>c) Modelado 3D.</p> <p>d) Materiales y texturas.</p> <p>3. Efectos ambientales.</p> <p>a) Animación.</p> <p>b) Interacción.</p> <p>c) Efectos especiales.</p> <p>d) Iluminación.</p> <p>4. Se define el acceso del usuario (tiempo, lugar).</p>	<p>1. Se define el tiempo en que se va a realizar el proyecto (según el número de personas que participan, las condiciones y los plazos de entrega).</p> <p>2. Se define la forma en que se va a realizar el proyecto según el nivel de complejidad (proyecto simple o proyecto complejo).</p>	<p>1. Modelado conceptual. Se crea el concepto, los modelos y/o bocetos para desarrollar los escenarios.</p> <p>2. Modelado de navegación. Se define la forma en que el usuario podrá recorrer e interactuar con los elementos, así como el tipo de vista que se utilizará (primera persona o tercera persona).</p> <p>3. Descripción de componentes. Descripción detallada de los elementos que integrarán la visita virtual (características físicas particulares, tipo de interactividad,</p>	<p>1. Se deben determinar las tareas y los tiempos que se deben cubrir de acuerdo con el número de personas que participan, los plazos de entrega y el presupuesto. También se debe establecer la complejidad del proyecto con base en el nivel de detalle (simple o complejo).</p> <p>2. Se debe hacer un seguimiento de costos para cada una de las fases.</p>	<p>1. Diseño. Organización de los contenidos inmersos en los OVA de la siguiente manera:</p> <p>-Contenidos informativos. Indicar la manera como será presentada la información, la navegabilidad y su organización.</p> <p>-Actividades. Indicar las actividades que se realizarán en los OVA.</p> <p>- Evaluación. Se realiza con el fin de medir el nivel de</p>

	<p>5. Se define la modalidad de las actividades (individual o grupal).</p> <p>6. Se define la forma de evaluar la actividad.</p> <p>7. Se recomienda medir aciertos y errores del usuario (mediante score o marcador</p>		<p>comportamiento dentro de los escenarios y técnica de modelado que será utilizada).</p> <p>4. Modelado de eventos. Se detallan los sucesos que serán detectados, así como las acciones correspondientes de los usuarios, los objetos, y/o los entornos.</p>	<p>3. Se recomienda elaborar un cronograma de actividades.</p>	<p>apropiación de los conceptos expuestos en los OVA.</p> <p>-Identificación de herramientas. Investigación sobre las herramientas y los componentes tecnológicos que mejor se adapten a las características del proyecto.</p> <p>-Análisis de herramientas. Se establecen las prioridades de las herramientas con el fin de llegar a la que se adapte mejor a las necesidades.</p>
Etapa 3	Implementación	Muestreo	Desarrollo	Obtención de requerimientos	Construcción y adaptación de los componentes de ingeniería
	<p>1. Implementación.</p> <p>a) Comportamientos físicos</p> <p>b) Mecanismos de navegación</p> <p>c) Objetos multimedia</p> <p>2. Soporte</p> <p>a) Asignación de comportamiento físico (definir los lenguajes de programación).</p> <p>b) Escenario tridimensional e interfaz (definir la vista y la perspectiva del usuario en la navegación).</p>	<p>1. Se obtienen los antecedentes y la información previa para hacer el modelado.</p> <p>a) Modelado orgánico. Se recomienda recopilar fotografías y videos.</p> <p>b) Modelado geométrico. Se recomienda recopilar esquemas técnicos y planos.</p>	<p>1. Producción de componentes. Se crean los espacios, los objetos, los personajes y los terrenos, así como los materiales y las texturas que serán aplicados. Se desarrollan las secuencias de audio y video (material complementario).</p> <p>2. Animación e integración. Se producen las secuencias de movimiento, cambio de posición o transformación de parámetros de</p>	<p>1. Descripción del proyecto. Se debe establecer el nivel de detalle y la finalidad del sistema de realidad virtual.</p> <p>2. Requerimientos. Se determinan los requerimientos del proyecto.</p> <p>a) Requerimientos funcionales. Se describen las funcionalidades y el nivel de interacción que ofrece el sistema de realidad virtual.</p>	<p>1. Construcción de la aplicación. Se hace uso de los componentes seleccionados en fases previas para integrar todos los elementos constitutivos de los OVA, tales como:</p> <p>-Los modelos 3D.</p> <p>-Archivos multimedia.</p> <p>-Contenidos informativos.</p> <p>-Actividades.</p>

	<p>c) Explicaciones, instrucciones y actividades (definir los objetos complementarios y los lenguajes de marcado).</p> <p>3. Interfaz para dispositivos (definir los sistemas operativos).</p> <p>4. Comportamiento dinámico (definir los tipos de interacción).</p> <p>5. Herramientas de trabajo para grupos (definir el <i>social media</i>).</p>		<p>los componentes según los modelos de navegación y eventos.</p> <p>3. Programación. Se codifican y/o editan los eventos que disparan las acciones de respuesta establecidas para cada uno de ellos.</p> <p>4. Pruebas. Se verifica el funcionamiento y la integración de los componentes.</p>	<p>b) Requerimientos no funcionales. Se describen las herramientas que se utilizarán para visualizar el sistema de realidad virtual.</p> <p>c) Formulación de la idea inicial. Creación de una maqueta o una representación en papel de la idea inicial (<i>storyboard</i>).</p> <p>d) Recursos necesarios. Se deben definir las herramientas (<i>software</i> y <i>hardware</i>) y recursos que se utilizarán para desarrollar el proyecto.</p> <p>e) Definir al personal encargado de desarrollar cada una de las tareas.</p>	
Etapa 4		Diseño	Evaluación	Diseño	Evaluación e implantación

		<p>1. Pasos preliminares en el diseño relacionados con el comportamiento del objeto.</p> <p>a) Identificación de objetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Lugares. Escenarios en los que se encuentra el modelo. -Estructuras. Figuras o formas (totalidad) compuestas de partes jerarquizadas (por ejemplo, las piezas de una máquina). -Ocurrencias o sucesos. Eventos ocurridos dentro del contexto en el que se encuentra el modelo. - Señales. Marcan el punto de partida de un suceso. <p>b) Especificación de atributos.</p> <p>Características físicas del modelo (alto, largo, ancho, color, etc.).</p> <p>c) Identificación de eventos. Cambio en los valores de los atributos del modelo (pueden ser internos o externos).</p> <p>d) Comunicación entre objetos.</p> <p>Relación de los objetos (envío de mensajes a través de eventos).</p> <p>2. Estructura de ensamblaje (instancias entre los objetos).</p> <p>3. Propiedades dinámicas.</p>	<p>1. El producto final debe ser puesto a consideración del cliente a fin de confirmar que cumpla con los requerimientos.</p> <p>2. La versión beta del producto debe ser puesta a consideración del usuario para identificar y evaluar algún fallo.</p>	<p>1. Se obtiene información de proyectos previos como referencia (se recomienda obtener planos y fotografías).</p> <p>2. Se debe tener conocimiento de las piezas y el funcionamiento de los objetos para poder recrear sus movimientos.</p> <p>3. Identificar el espacio. Se debe establecer si el lugar a modelar es imaginario o real.</p> <p>4. Identificación de los objetos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructuras. Figuras o formas que influyen en la estructura jerárquica del ambiente (por ejemplo, edificios). - Objetos estáticos. Objetos carentes de movimiento. - Objetos dinámicos. Objetos puestos en movimiento por medio de la interacción. <p>5. Descripción de atributos. Se deben establecer los atributos físicos de los objetos (forma, textura y tamaño).</p> <p>6. Identificación de eventos.</p> <p>Cambios que van a sufrir los</p>	<p>1. Evaluación de los OVA.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se deben tomar como base los requerimientos funcionales y no funcionales. -Se recomienda obtener evidencia de este proceso. -Evaluación por personal calificado. En esta instancia, se colocan los OVA a disposición del personal experto. De presentar correcciones, deben ser atendidas antes de pasar a la siguiente instancia. -Evaluación por parte de estudiantes. Permite verificar su utilidad en el proceso de aprendizaje y señala posibles mejoras de acuerdo con la necesidad. - Implantación. Proceso de publicación para que los usuarios tengan acceso a los OVA que se integran a un sistema de gestión, una plataforma o mediante una app.
--	--	---	--	---	---

		<p>a) Diagrama de transición de estados. Eventos que ocasionan la transición de un estado a otro en los objetos.</p> <p>b) Diagrama de interacciones. Traza de sucesos de carácter dinámico que se puedan presentar en un determinado escenario.</p>		objetos después de un evento.	
Etapa 5		Construcción	Cierre	Desarrollo e integración del modelo	
		<p>1. Construcción del código.</p> <p>a) Digitar el código completo.</p> <p>b) Usar herramientas de desarrollo.</p> <p>c) Transformar archivos.</p> <p>d) Combinar las formas de construcción.</p>	<p>1. Se entrega la versión final de la visita virtual.</p> <p>2. Trazar un plan de mantenimiento y/o actualización de contenidos o componentes según los acuerdos trazados con el cliente.</p>	<p>1. Definir la forma de crear los objetos.</p> <p>a) Digitar el código completo.</p> <p>b) Usar una herramienta para crear gráficamente el objeto (se recomienda elegir <i>software</i> de modelado gráfico interoperable y compatible con otros tipos de <i>software</i>).</p> <p>c) Transformación de archivos. Adaptación de código de otros proyectos parecidos.</p> <p>d) Combinar los métodos anteriores.</p>	

				2. Definir el ensamble, es decir, la jerarquización de los objetos del ambiente virtual.	
Eta	6	Pruebas		Pruebas	
		1. Detección de errores en el código.		<p>1. Diseño de objetos gráficos.</p> <p>a) Verificar las características que correspondan a cada objeto (por ejemplo, forma, color, tamaño y textura).</p> <p>b) Comprobar la cantidad de polígonos.</p> <p>c) Validar animación. Verificar la optimización de las animaciones.</p> <p>d) Verificar la exportación de los objetos. Verificar que los efectos son óptimos y exportables a otros <i>softwares</i>.</p> <p>e) Evaluación/informes Hacer un último análisis de ejecución de pruebas para generar un informe.</p> <p>2. Programación.</p> <p>a) Importar objetos. Verificar el funcionamiento de los objetos importados desde un archivo o <i>software</i>.</p> <p>b) Tiempo de ejecución. Verificar los tiempos de carga y ejecución.</p>	

				<p>c) Ejecución y animación de los objetos. Examinar la optimización de las animaciones.</p> <p>d) Tolerancia de <i>hardware</i>. Verificar la ejecución en diferentes dispositivos.</p> <p>e) Validación de objetos según requerimientos, validar animación y comprobación de polígonos.</p> <p>f) Evaluación/informes. Hacer un último análisis de ejecución de pruebas para generar un informe.</p> <p>3. Pruebas de usuario.</p> <p>a) Instalación del mundo virtual. Comprobar la instalación y/o ejecución del mundo virtual.</p> <p>b) Maniobrabilidad. Evaluar la rapidez de adaptación del usuario (control y comodidad).</p> <p>c) Efectos especiales. Verificar que los efectos sean acordes a los requerimientos.</p> <p>d) Tolerancia a errores externos. Evaluar cómo responde el mundo virtual a</p>	
--	--	--	--	---	--

				fallas o errores ajenos, tales como falta de energía, fallas de <i>hardware</i> o colapso en el sistema operativo. e) Evaluación/informes. Hacer un último análisis de ejecución de pruebas para generar un informe.	
Etapa 7		Publicación			
		Consideraciones adicionales: a) Comportamiento del espacio virtual en relación con la realidad. b) Techos y pisos (evitar sensación de ingravidez y artificialidad en el usuario). c) Cámaras (ayudar al usuario a posicionarse en el espacio virtual y guiarlo a los puntos de interés). d) Lenguaje de marcado. e) Compresión final de archivos.			

Nota. Elaboración propia.

Tabla 0.2 Lista de verificación de los aspectos considerados en las etapas de las metodologías para la construcción de entornos y objetos virtuales de aprendizaje

	MDSERV	VRML	MDEET	MDAVREVR	MCOVARA
1. PERFIL IDENTITARIO					
Ciente/institución					
Ver las necesidades del cliente/institución.	✓	✓	✓	✗	✗
Escenario educativo (referente a los planes de estudio de la institución).	✓	✗	✗	✗	✗
Usuario					
Se define el perfil del usuario con base en los datos demográficos del usuario (edad, sexo, lenguaje, origen étnico, estado civil, nivel de ingresos, educación, situación laboral, discapacidad de algún tipo).	✗	✓	✗	✗	✓
Se define cómo va a acceder el usuario en tiempo y lugar (tanto en la región geográfica como en el espacio de uso).	✓	✗	✗	✓	✗
Se definen las funciones y actividades que va a realizar el usuario.	✓	✗	✗	✗	✓
Sistemas de acceso del usuario. Refiere al medio (página web, sitio web, plataforma, motor gráfico), navegador (Google, Mozilla Firefox, Opera, Safari), y sistema operativo (Windows, Linux, Macintosh).	✓	✗	✗	✗	✗
Dispositivos de acceso del usuario (computadoras de escritorio, laptops, smartphones).	✓	✓	✗	✓	✓
2. PERFIL DEL PROYECTO					
Descripción del proyecto.	✗	✗	✗	✓	✗
Definición del proyecto (nivel de complejidad en relación con los usuarios)					
a) Simple/complejo.	✗	✓	✗	✓	✗
b) Profesional/artístico.	✗	✓	✗	✗	✗
c) Real/imaginario.	✗	✓	✗	✓	✗
Modalidad de las actividades (individual o grupal).	✓	✗	✗	✗	✗
Determinar el área de desarrollo humano.	✗	✗	✗	✓	✗
Antecedentes (proyectos previos como referencia).	✗	✓	✗	✓	✗
3. OBJETIVOS					
Tipo de aprendizaje/objetivos de aprendizaje.	✓	✗	✗	✗	✗
Tipo de contenido/objetivos del proyecto (informar, persuadir, entretener).	✗	✓	✗	✓	✓
4. RECURSOS (ESTUDIO DE FACTIBILIDAD)					
Factibilidad de producción. Relacionada con definir el número de personas involucradas en cada etapa del proyecto, su experiencia y capacidad técnica.	✗	✓	✗	✓	✗
Factibilidad técnica. Identificación y análisis de las herramientas y las tecnologías de desarrollo que se necesitan y se tienen (<i>software</i> y <i>hardware</i>).	✓	✓	✓	✓	✓

Factibilidad económica. Relacionada con el presupuesto (seguimiento de costos para cada etapa).	X	X	✓	✓	X
Factibilidad de tiempo. Relacionada con el flujo de trabajo y los plazos de entrega (ruta de proyecto y cronograma).	X	X	✓	✓	X
Limitantes del proyecto. Relacionada con la factibilidad de producción, técnica, económica y de tiempo.	X	X	✓	✓	X
5. MODELADO					
Referencias de los modelos (de proyectos previos u otras fuentes de información como fotografías y videos, esquemas técnicos y planos).	X	✓	X	X	✓
Tipo de modelado (orgánico, geométrico).	X	✓	X	X	X
Herramientas de modelado gráfico (<i>software</i> de modelado). Se recomienda que sea interoperable y compatible con otros tipos de <i>software</i> .	X	X	X	✓	✓
Escenarios					
Definir el tipo de escenario.	X	✓	X	X	X
Boceto para desarrollar la idea inicial del escenario.	X	✓	X	✓	✓
Descripción de componentes del escenario (características físicas particulares y técnicas de modelado que serán utilizadas en su realización).	X	X	✓	X	✓
Objetos					
Conocimiento de la estructura y del funcionamiento de los objetos (para poder modelarlos y recrear sus movimientos).	X	X	X	✓	X
Tipo de objetos (estáticos, dinámicos).	X	X	X	✓	X
Atributos de los objetos (por ejemplo, forma, color, tamaño y textura).	X	✓	✓	✓	X
Ensamble propio del objeto y sus partes (cómo va a estar jerarquizado el interior de un objeto, por ejemplo, las piezas de una máquina de escribir).	X	✓	X	X	X
6. NAVEGACIÓN					
Recorrido del usuario en el escenario.	X	X	✓	X	X
Mecanismos de navegación (mapas de orientación).	✓	X	X	X	✓
Familiaridad del escenario respecto a la realidad. Considerar evitar la sensación de artificialidad y falta de gravedad en el escenario (colocar techos y pisos).	X	✓	X	X	X
Estructuras e instancias propias del escenario (cómo va a estar jerarquizado e instanciado un conjunto de objetos, por ejemplo, los edificios en una calle).	X	X	X	✓	X
7. CÁMARAS					
Tipo de vista (primera persona o tercera persona) y perspectiva que se utilizará.	✓	X	✓	X	X
Colocación de cámaras y sus referentes procesos (distancia focal, ángulo de visión, encuadre, perspectiva, zoom).	X	✓	X	X	X
8. RECURSOS DE INTERACCIÓN					

Acciones que inician los usuarios para ser detectados. Involucra a los objetos y/o entornos e implica un cambio de valor en sus atributos.	X	✓	✓	✓	X
Diagrama de transición de estados (eventos que ocasionan la transición de un estado a otro en los objetos).	X	✓	X	X	X
Comportamiento dinámico (tipos de interacción).	✓	X	X	X	X
Nivel de interacción (nulo o poco interactivo, interactividad media, completamente interactivo).	X	X	X	✓	X
Diagrama de interacciones (comportamiento físico de los objetos).	✓	X	✓	X	X
9. ILUMINACIÓN					
Iluminación (de espacios y su influencia en los objetos o viceversa).	✓	X	X	X	X
10. ANIMACIÓN					
Secuencias de movimiento, cambio de posición o transformación de parámetros de los atributos según los modelos de navegación y eventos.	✓	X	✓	X	X
11. CONTENIDOS					
Texto, audio, video, multimedia.	✓	X	✓	X	✓
Herramientas de trabajo para grupos (determinar si es necesario agregar un <i>social media</i>).	✓	X	X	X	X
12. PROGRAMACIÓN					
Determinar las herramientas de desarrollo (editor de código) y los lenguajes de marcado y programación.	✓	✓	X	X	X
Analizar la adaptación de código de otros proyectos.	X	X	X	✓	X
Codificación de los eventos.	X	X	✓	✓	X
13. EVALUACIÓN					
Evaluación de usuarios					
Forma de evaluar la actividad. Se recomienda medir aciertos y errores (mediante un score o marcador).	✓	X	X	X	✓
Evaluación del sistema virtual					
El producto final debe ser puesto a consideración del personal calificado a fin de confirmar que cumpla con los requerimientos.	X	X	✓	X	✓
Se verifica el funcionamiento y la integración de los componentes.	X	X	✓	X	X
Se verifica la correcta exportación de los objetos (sobre todo si se va a abrir en otros <i>softwares</i>) y la optimización de los polígonos en el objeto modelado.	X	X	X	✓	X
Se verifica que los efectos son óptimos y exportables a otros <i>softwares</i> .	X	X	X	✓	X
Se verifica la ejecución y la optimización de las animaciones.	X	X	X	✓	X
Se verifica la ejecución y la optimización de las interacciones.	X	X	X	✓	X
Se verifica la ejecución y la optimización en los dispositivos.	X	X	X	✓	X
Pruebas para detectar errores de código.	X	✓	X	X	X
Pruebas que miden los tiempos de carga y de ejecución.	X	✓	X	✓	X

Último análisis de ejecución de pruebas generales (de todo el sistema tridimensional en conjunto) para generar un informe.	X	X	X	✓	X
Pruebas de usuario					
Pruebas de rapidez de adaptación del usuario (control y comodidad).	X	X	X	✓	X
La versión beta del producto debe ser puesta a prueba con los usuarios para que la puedan evaluar.	X	X	✓	X	✓
14. ENTREGA FINAL					
Compresión final de archivos.	X	✓	X	X	X
Se entrega y publica la versión final de la visita virtual (plataforma, app, sitio web, etc.).	X	X	✓	X	✓
15. SEGUIMIENTO DEL PROYECTO					
Se traza un plan de mantenimiento y/o actualización de contenidos o componentes según los acuerdos trazados con el cliente.	X	X	✓	X	X

Nota. Elaboración propia.

REFERENCIAS

- Achinstein, P., y Sancho, M. (1968). *Los modelos teóricos*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ackermann, E. K. (2004). Constructing knowledge and transforming the world. *A learning zone of one's own: Sharing representations and flow in collaborative learning environments*, 15-37.
- Aguilar, J., Muñoz, J., y Pomares, S. (2004). Guías de diseño para el desarrollo de objetos de aprendizaje. *Avances en la Ciencia de la Computación*, 347.
- Álvarez, R. F., Muñoz, A. J., y Chan, N. M. (2007). *Tecnología de objetos de aprendizaje*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Anctil, J. E., Hass, G., y Parkay, W. F. (2006). Teachers, public life, and curriculum reform. *Curriculum planning-a contemporary approach*, 236-243.
- Ander-Egg, E., y Aguilar, M. J. (1995). *Técnicas de investigación social*. Buenos Aires: Lumen.
- Andersen, E. (2016). Learning to learn. *Harvard Business Review*.
- Anderson, L. W., y Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Andrade, S. H., Dyner, R. I., Espinosa, Á., López, G. H., y Sotaquirá, R. (2007). *Pensamiento Sistémico, diversidad en búsqueda de unidad*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Arcil, J. S. (1983). *Introducción a la dinámica de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial, S. A.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: holt, rinehart and Winston.

- Autodesk. (2023). *Autodesk*. Autodesk Maya 2024:
<https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/2024/ENU/>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 355-385.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., y B. MacIntyre. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 34-47.
- Baden, M. S., y Howell, M. C. (2004). *Fundamentos del aprendizaje basado en problemas*. Reino Unido: Educación de McGraw-hill.
- Bailer-Jones, D. M. (2002). Models, metaphors and analogies. *The Blackwell guide to the philosophy of science*, p. 114.
- Bamodu, O., y Ye, X. (2013). Virtual reality and virtual reality system components. *Advanced materials research*, 1169-1172.
- Baum, F. L. (1901). *The Master Key: An Electrical Fairy Tale, Founded Upon the Mysteries of Electricity and the Optimism of Its Devotees*. Indianapolis: Bobbs-Merrill Company.
- Berg, . P., y Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual reality*, 1-17.
- Bertalanffy, L. V. (1968). *General system theory: Foundations, development, applications*. New York: George Braziller.
- Biocca, F., y Levy, M. R. (1995). *Communication in the age of virtual reality*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Blender Foundation. (2023). *Blender*. Blender 3.6 manual:
https://docs.blender.org/manual/es/latest/getting_started/about/introduction.html

- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals*. New York: David McKay.
- Bolter, J. D., y Grusin, R. A. (1996). Remediation. *Configurations*, 311-358.
- Brambilla, M., Cabot, Jordi, y Wimmer, M. (2017). *Model-driven software engineering in practice*. Synthesis lectures on software engineering.
- Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. New York: Springer.
- Bruner, J. S. (2018). *Desarrollo cognitivo y educación*. : Ediciones Morata.
- Burdea, G. C., y Coiffet, P. (2003). *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- Carretero, M. (13 de Agosto de 2014). *¿Qué es el constructivismo?* ResearchGate:
<https://www.researchgate.net/publication/48137926>
- Castaño, H. I. (5 de septiembre de 2012). *ISSUU*. Metodología para el desarrollo de Ambientes Virtuales:
https://issuu.com/idelcas/docs/metodologia_para_el_desarrollo_de_ambientes_virtuales
- Caudell, T. P., y Mizell, D. W. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Hawaii international conference on system sciences* (pp. 659-669). Boeing Computer Services, Research and Technology.
- Chamizo, J. A. (octubre de 2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, págs. 26-41.
- Chandler, D. (1996). Engagement with media: Shaping and being shaped. *Computer-Mediated Communication Magazine*.
- Checkland, P. (1971). *Systems thinking, systems practice*.
- Churches, A. (2010). Bloom's digital taxonomy.

- Cobo, G. G., y Valdivia, C. S. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. *Instituto de Docencia Universitaria de la Pontificia Universidad Católica del Perú*.
- Coleman, B. (2009). Using sensor inputs to affect virtual and real environments. *IEEE Pervasive Computing*, 3-8.
- Costa, J. (2012). *Cambio de paradigma: la Comunicación Visual*. FOROALFA:
<https://foroalfa.org/articulos/cambio-de-paradigma-la-comunicacion-visual>
- Dahlberg, L. (2004). Internet research tracings: Towards non-reductionist methodology. *Journal of Computer-Mediated Communication*.
- Dede, C. (2014). The Role of Digital Technologies in Deeper Learning. Students at the Center. *Deeper Learning Research Series*.
- Delors, J. (1997). *La educación encierra un tesoro: informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo Veintiuno*. UNESCO.
- Díaz, F., y Hernández, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista 2*. México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- DIDE, D. d. (2006). *El Aprendizaje Basado en Problemas como Técnica Didáctica*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey:
https://sitios.itesm.mx/va/dide2/tecnicas_didacticas/abp/abp.pdf
- Dorta, T., Lesage, A., Pérez, E., y Bastien, J. M. (2011). Signs of collaborative ideation and the hybrid ideation space. *In Design Creativity 2010*, 199-206.
- DSSC, D. S. (2000). *Defense Human Resources Activity*. Sharable Content Object Reference Model: <https://adlnet.gov/past-projects/scorm/>
- Edwards, D. (1997). *Discourse and Cognition*. Londres: Sage.
- Fast-Berglund, Å., Gong, L., y Li, D. (2018). Testing and validating Extended Reality (xR) technologies in manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 31-38.

- Fink, L. D. (2003). Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses. *John Wiley & Sons*.
- Fink, L. D. (2007). The power of course design to increase student engagement and learning. *Revisión por pares*, 13-17.
- Firtman, M. (2010). *Programming the mobile web*. O'Reilly Media, Inc.
- Floyd, K., Harrington, S., y Santiago, J. (2009). The effect of engagement and perceived course value on deep and surface learning strategies. *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*, 181-190.
- García, I., Peña-López, I., Johnson, L., Smith, R., Levine, A., y Haywood, K. (2010). *Informe Horizon: Edición Iberoamericana 2010*. Austin, Texas: New Media Consortium y la Universitat Oberta de Catalunya.
- García, M. M., Zubizarreta, M. M., y Astigarraga, E. (2017). *Mendeberri 2025: Marco pedagógico*. Mondragon Unibertsitatea. Mondragón: Mondragon Unibertsitatea.
- García, R. M. (2001). *La Universidad del Siglo XXI*. México D.F.: Documento, presentación en el IX Congreso Iberoamericano de Universidades.
- Gartner. (Octubre de 2019). *Gartner*. Gartner Top 10 Strategic Technology Trends For 2020: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for->
- Gibbons, A., Nelson, J., y Richards, R. (2000). The nature and origin of instructional objects. *The instructional use of learning objects*, 25-58.
- Giere, R. N., Bickle, J., y Mauldin, R. F. (1991). *Understanding scientific reasoning*.
- Gómez, A. O., y Ostos, O. O. (2018). El constructivismo y el construccionismo. *Revista Interamericana de Investigación Educación y Pedagogía RIIEP*, 115-120.
- Gubern, R. (2007). *Del bisonte a la realidad virtual*. Barcelona: Gustavo Gili.

- Harrington, H. J. (1994). *Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness*. New York: Mc Graw Hill.
- Hinojosa, R. G. (2015). Aportaciones del conductismo a la psicología mexicana. *Revista Rúbricas*.
- Hodgins, W. (2000). Into the future, A Vision Paper (2000). *Commission on Technology and Adult Learning*.
- IEEE, I. O. (9 de 3 de 2023). *IEEE Learning Technology Standards Committee*. IEEE Standard for Learning Object Metadata: <https://standards.ieee.org/ieee/1484.12.1/7699/>
- Jonassen, D. H. (1996). *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. Prentice-Hall, Inc.
- Justi, R., y Gilbert, J. (2003). Models and modelling in chemical education. *Towards research-based practice*, pp. 47-68.
- Kanuka, H. (2008). Understanding e-learning technologies-in-practice. *The theory and practice of online learning*.
- Kerckhove, D. d. (2018). *La piel de la cultura, investigando la nueva realidad electrónica*. Barcelona: Gedisa Editorial.
- Kilpatrick, W. H. (1918). The project method. *19(4)*, 1-5.
- Kipper, G., y Rampolla, J. (2012). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Elsevier.
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into practice*, 212-218.
- Ladrière, J. (1978). *El reto de la racionalidad: La ciencia y la tecnología frente a las culturas*. Barcelona: Salamanca : UNESCO.
- Ludwig, B. L., Luckmann, T., y Zuleta, S. (1968). *La construcción social de la realidad*. Buenos Aires: Amorrortu.

- Luque, O. J. (2020). Realidad Virtual y Realidad Aumentada. *Revista Digital de ACTA*, 21.
- Luy-Montejo, C. (2019). El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el desarrollo de la inteligencia emocional de estudiantes universitarios. *Propósitos y representaciones* 7.2, 353-383.
- Majeski, R., y Stover, M. (2007). Theoretically based pedagogical strategies leading to deep learning in asynchronous online gerontology courses. *Educational Gerontology*, 171-185.
- Mann, S. (1999). Mediated Reality. *Linux Journal*.
- Mann, S., Furness, T. A., Yuan, Y., Iorio, J., y Wang, Z. (2018). All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimediated Reality. *arXiv e-prints*, 14 .
- Mann, S., y Fung, J. (2002). Videorbits on eye tap devices for deliberately diminished reality or altering the visual perception of rigid planar patches of a real world scene. *Presence Teleoperators & Virtual Environments*, 158-175.
- Martínez, P. F. (2011). Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual. *Creatividad y Sociedad*, 16, 1-39.
- Mavridou, M., Hoelscher, C., y Kalff, C. (2009). The impact of different building height configurations on navigation and wayfinding. *Proceedings of the 7th international space syntax symposium*, 72.
- Maxon. (2023). Maxon. Cinema 4D guía del usuario: <https://help.maxon.net/c4d/s24/es-es/Default.htm>
- McLuhan, M., y Fiore, Q. (1967). The medium is the message. *New York*, 123(1), 126-128.
- Meneses, J. E. (2008). *Definición de un procedimiento para la aplicación de pruebas en el desarrollo de mundos virtuales*. Norte de Santander: Universidad de Pamplona.

- Milgram, P., y Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 1321-1329.
- Molenda, M. (2003). In search of the elusive ADDIE model. *Performance improvement*, 42(5), 34-37.
- Morales, E., García, F. J., Rego, H., y Berlanga, A. (2005). Valoración de la calidad de unidades de aprendizaje. *Revista Educación a Distancia*.
- Morales, R. A., Alviter, R. L., Hidalgo, C. C., Amador, R. J., y Zúñiga, O. J. (2015). Metodología de desarrollo evolutivo de escenarios tridimensionales para la creación de una visita virtual para el Centro Universitario UAEM Ecatepec. *Revista Colombiana de Computación*, 7-27.
- Moriello, S. A. (2005). *Inteligencia Natural y Sintética*. Buenos Aires: Editorial Nueva Librería.
- MPNPECR, M. d. (2009). Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo. *Área de Modernización del Estado*.
- Muñoz, A. J., Álvarez, R. F., y Chan, N. M. (2007). *Tecnología de objetos de aprendizaje*. Aguascalientes: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Muñoz, L. J. (Octubre de 2019). *José Emilio Muñoz Labra*. Informática, literatura y un largo etcétera: <https://www.jose-emilio.com/estudios/m1metodologia.htm>
- Neges, M., Adwernat, S., y Abramovici, M. (2018). Augmented virtuality for maintenance training simulation under various stress conditions. *Procedia Manufacturing*, 171-178.
- Nelson, L. T., Shoup, R., Kuh, G. D., y Schwarz, M. J. (2008). The effects of discipline on deep approaches to student learning and college outcomes. *Research in higher Education*, 469-494.
- Norman, D. (2013). *The design of everyday things*. Massachusetts: MIT Press.

- Nuthall, G. (1997). Understanding student thinking and learning in the classroom. .
International handbook of teachers and teaching, 681-768.
- O'Driscoll, T., y Kapp, K. M. (2009). *Learning in 3D: Adding a new dimension to enterprise learning and collaboration*. John Wiley & Sons.
- Pallasco-Barros, N. J., Guaña-Moya, E. J., y Arteaga-Alcívar, Y. A. (2022). Las Tecnologías de la Información y Comunicación en aplicaciones U-learning. *Revista Científica FIPCAEC (Fomento de la investigación y publicación en Ciencias Administrativas, Económicas y Contables)*, 200-216.
- Papert, S. (1984). New theories for new learnings. *School Psychology Review*, 422-428.
- Papert, S., y Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Constructionism*, 36(2), 1-11.
- Paradiso, A. J., y Landay, A. J. (2009). Guest editors' introduction: Cross-Reality environments. *IEEE Pervasive Computing*, 3-8.
- Parkay, F. W., y Hass, G. (2000). *Curriculum planning: A contemporary approach*. Allyn & Bacon.
- Polya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. New jersey: Princeton university press.
- Postman, N. (1993). Technopoly, the surrender of culture to technology. *Technology and Culture*.
- Potter, J. (1998). *La representación de la realidad. Discurso, retórica y construcción social*. Barcelona: Paidós.
- Rafael, B. (1989). *Métodos de investigación educativa. Guía práctica*. Barcelona: Grupo Editorial CEAC.
- Romero, S. J., y Cobeña, C. S. (2022). Epistemología de los Procesos Educativos utilizando Entornos Virtuales de Aprendizaje y NTIC. *Polo del Conocimiento*.
- Royo, J. (2004). *Diseño Digital*. Barcelona, España: Paidós.

- Salomon, G. (2001). No hay distribución sin la cognición de los individuos: un enfoque interactivo dinámico. *G. Salomon (Comp.), Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas,,* 153-184.
- Schnabel, M. A., Wang, X., y Hartmut Seichter, T. K. (2010). Touching the untouchables: Virtual-, augmented-and reality. *Design Creativity*, 199-206.
- Scriven, M., y Paul, R. (2019). *Foundation of Critical Thinking*. Defining Critical Thinking: https://www.criticalthinking.org/template.php?pages_id=766
- Secretaría de Educación Pública. (2022). *Estrategia Nacional para promover trayectorias educativas continuas, completas y de excelencia*. Aprendizaje Basado en Proyectos: <https://educacionbasica.sep.gob.mx/aprendizaje-basado-en-proyectos/>
- Secretaría de Educación Pública. (2023). *Consejos técnicos escolares, ciclo escolar 2022-2023, recursos e Insumos*. Plan de Estudio para la educación preescolar, primaria y secundaria: <https://educacionbasica.sep.gob.mx/consejos-tecnicos-escolares-ciclo-escolar-2022-2023-recursos-e-insumos/>
- Secretaría de Educación Pública. (2023). *Enfoque centrado en competencias*. Retrieved 20 de Abril de 2023, from Gobierno de México: https://dgesum.sep.gob.mx/reforma_curricular/planes/lepri/plan_de_estudios/enfoque_centrado_competencias
- Senge, P. (2012). *La quinta disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente*. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.
- Serrano, G.-T. J., y Pons, P. R. (2011). Constructivism today: constructivist approaches in education. *Revista electrónica de investigación educativa,,* 1-27.
- Shannon, C. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 379-423.
- Shannon, C., y Weaver, W. (1948). The Mathematical Theory of Communication. *The Bell system technical journal*, 379.

- Sheridan, T. B. (1992). Musings on Telepresence and Virtual Presence. *Presence Teleoperators & Virtual Environments*, 120-125.
- Sidani, A., Dinis, F. M., Sanhudo, L., Duarte, J., Santos Baptista, J., Pocas Martins, J., y Soeiro, A. (2021). Recent Tools and Techniques of BIM-Based Virtual Reality: A systematic review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 449-462.
- Siemens, G. (2004). Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. *Ekim*, 6.
- Sierra, B. R. (1984). *Ciencias sociales. Epistemología, lógica y metodología*. Madrid: Paraninfo.
- Simon, H. A. (1969). *The sciences of the artificial*. Cambridge: Cambridge, MA.
- Spencer, L. M., y Spencer, S. M. (2008). *Competence at work models for superior performance*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons.
- Steuer, J. (1992). Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of communication*, 73-93.
- Stroh, D. P. (2015). *Systems thinking for social change: A practical guide to solving complex problems, avoiding unintended consequences, and achieving lasting results*. Vermont: Chelsea Green Publishing.
- Tobón, S. (2007). El enfoque complejo de las competencias y el diseño curricular por ciclos propedéuticos. *Acción pedagógica 16.1*, 14-28.
- Torres, S. G., Franco, A. A., Gutierrez, S. M., y Suárez, N. A. (2017). Metodología para el modelado de sistemas de Realidad Virtual para el aprendizaje en dispositivos móviles. *Pistas Educativas*, 9-17.
- Torres, Toro, Sebastián, y Ortega, C. J. (2003). Indicadores de calidad en las plataformas de formación virtual: una aproximación sistemática. *Etic@net. Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento* .

- Tovar, L. C., Bohórquez, J. A., y Plinio, P. (2014). Propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada. *Formación universitaria*, 11-20.
- Turner, J. C. (1970). *Matemática moderna aplicada. Probabilidades, estadística e investigación operativa*. Madrid: Alianza Editorial.
- Unity Technologies. (2023). *Manual de Unity*. Unity Documentation: <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/>
- Valle, A., González, R., Cuevas, L. M., y Patricia, F. A. (1998). Las estrategias de aprendizaje. Características básicas y su relevancia en el contexto escolar. *Revista de Psicodidáctica*, 68.
- VanderArk, T., y Schneider, C. (2012). How digital learning contributes to deeper learning. *Getting Smart*, 1-28.
- Wartofsky, M. (1968). *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- Weigel, V. B. (2002). *Deep learning for a digital age: Technology's untapped potential to enrich higher education*. San Francisco: Jossey-Bass, 989 Market Street.
- Weinbaum, S. G. (1935). *Pygmalion's Spectacles*. Estados Unidos De América: Wonder Stories.
- Weller, M., Mason, R., y Pegler, C. (2003). Learning in the Connected Economy. *The Open University course team*.
- Wiley, D. A. (2000). *The Instructional Use of Learning Objects*. Connecting learning objects to instructional design theory: <http://reusability.org/read/#1>
- William, O., y Kitchener, R. (1998). *Handbook of behaviorism*. Elsevier.

TABLAS Y FIGURAS

Tablas

TABLA 2.1 <i>SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL</i>	14
TABLA 2.2 <i>REALIDAD VIRTUAL SEGÚN SU GRADO DE INTERACTIVIDAD</i>	16
TABLA 2.3 <i>CARACTERÍSTICAS PARTICULARES DE LOS TIPOS DE VIRTUALIDAD</i>	36
TABLA 3.1 <i>ESTRUCTURA BÁSICA DE UN OBJETO DE APRENDIZAJE</i>	64
TABLA 3.2 <i>DOMINIOS DEL MODELO DE BLOOM PARA CLASIFICAR LOS OBJETIVOS EDUCATIVOS</i>	69
TABLA 3.3 <i>REVISIONES RECIENTES DE LA TAXONOMÍA DEL DOMINIO COGNITIVO DE BENJAMIN BLOOM PARA CLASIFICAR LOS OBJETIVOS EDUCATIVOS</i>	71
TABLA 3.4 <i>TEORÍAS MÁS UTILIZADAS EN EL ÁREA EDUCATIVA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBJETOS DE APRENDIZAJE</i>	77
TABLA 3.5 <i>TIPOS DE OBJETOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE</i>	84
TABLA 3.6 <i>ETAPAS DE DESARROLLO DEL MÉTODO DE APRENDIZAJE BASADO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS</i>	90
TABLA 3.7 <i>APLICATIVOS VIRTUALES QUE SE PUEDEN UTILIZAR COMO RECURSOS PARA AYUDAR A IMPLEMENTAR EL MÉTODO DE APRENDIZAJE BASADO EN LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS</i>	91
TABLA 3.8 <i>ETAPAS DE DESARROLLO DEL MÉTODO DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS</i>	93
TABLA 3.9 <i>APLICACIONES VIRTUALES QUE SE PUEDEN UTILIZAR COMO RECURSOS PARA AYUDAR A IMPLEMENTAR EL MÉTODO DE APRENDIZAJE BASADO EN LA SOLUCIÓN DE PROYECTOS</i>	94
TABLA 3.10 <i>CONSIDERACIONES PARA REALIZAR ENTORNOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE (3D VLE)</i>	96
TABLA 3.11 <i>TAREAS QUE SE PUEDEN REALIZAR EN UN ENTORNO VIRTUAL TRIDIMENSIONAL DE APRENDIZAJE (3D VLE)</i>	96
TABLA 3.12 <i>TIPOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE SEGÚN SU PROPÓSITO EN RELACIÓN CON LAS APLICACIONES VIRTUALES</i>	101
TABLA 3.13 <i>ÁMBITOS DE ANÁLISIS DE CALIDAD PARA LAS EXPERIENCIAS DE ENSEÑANZA VIRTUAL</i>	103
TABLA 3.14 <i>PRINCIPIOS QUE PUEDEN SER EVALUADOS Y SIRVEN COMO GUÍA PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS Y ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE</i>	105
TABLA 3.15 <i>CASOS DE ESTUDIOS DE LOS CUALES SE EXTRAEN CONSIDERACIONES SOBRE EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE LOS OBJETOS Y ENTORNOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE</i>	109
TABLA 3.16 <i>PARÁMETROS ISO/IEC TR 23842-2 PARA CREAR EL CONTENIDO Y GARANTIZAR EL DOMINIO DEL APRENDIZAJE, LA EDUCACIÓN Y LA FORMACIÓN</i>	110
TABLA 4.1 <i>ETAPAS DE LA PROPUESTA DE GEORGE POLYA Y EL MODELO ADDIE</i>	146
TABLA 4.2 <i>ETAPAS DE LAS METODOLOGÍAS SELECCIONADAS PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS Y/O ENTORNOS VIRTUALES</i>	147
TABLA 4.3 <i>PROPUESTA DE GEORGE POLYA Y EL MODELO ADDIE EN RELACIÓN CON LAS ETAPAS DE LAS METODOLOGÍAS SELECCIONADAS PARA LA INVESTIGACIÓN</i>	148
TABLA 4.4 <i>ASPECTOS CONSIDERADOS EN LAS METODOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ENTORNOS Y OBJETOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE</i>	149

TABLA 0.1 RESUMEN DE LOS ASPECTOS CONSIDERADOS EN LAS METODOLOGÍAS SELECCIONADAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ENTORNOS Y OBJETOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE	229
TABLA 0.2 LISTA DE VERIFICACIÓN DE LOS ASPECTOS CONSIDERADOS EN LAS ETAPAS DE LAS METODOLOGÍAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ENTORNOS Y OBJETOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE	238

Figuras

FIGURA 2.1 REALIDAD EXTENDIDA	9
FIGURA 2.2 TIPOS DE SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL SEGÚN SU GRADO DE INMERSIÓN	16
FIGURA 2.3 SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA QUE UTILIZA UNA IMAGEN COMO MARCADOR	21
FIGURA 2.4 CONTINUO DE VIRTUALIDAD PROPUESTO POR PAUL MILGRAM Y FUMIO KISHINO	22
FIGURA 2.5 AUMENTO DEL GRADO DE VIRTUALIDAD EN LOS DISTINTOS TIPOS DE REALIDAD	25
FIGURA 2.6 DISPOSITIVO HEAD-MOUNTED DISPLAY QUE INTEGRA LAS TECNOLOGÍAS DE AR, AV Y VR	27
FIGURA 2.7 ESCENARIOS SOBRE CÓMO PUEDE ENTENDERSE LA REALIDAD EXTENDIDA RESPECTO A LA FORMA EN QUE SE POSICIONA LA VARIABLE "X" EN EL CONTINUO DE VIRTUALIDAD	32
FIGURA 2.8 TAXONOMÍA DE LA REALIDAD EXTENDIDA Y LAS CARACTERÍSTICAS QUE DISTINGUEN LOS ENTORNOS REALES Y VIRTUALES, ASÍ COMO LOS TIPOS DE VIRTUALIDAD	34
FIGURA 2.9 CREACIÓN DE AVATAR PARA PERFIL META USANDO META QUEST	41
FIGURA 2.10 PERSONAJES VIRTUALES DE VIDEOJUEGO PARA ELDER RING	42
FIGURA 2.11 CINEMÁTICA INMERSIVA INVASIÓN!	42
FIGURA 2.12 CUARTO VIRTUAL DE TRABAJO HORIZON WORKROOMS	43
FIGURA 2.13 CUARTO VIRTUAL DE ENTRETENIMIENTO THE ROOM VR: A DARK MATTER	44
FIGURA 2.14 MUNDO VIRTUAL SECOND LIFE	44
FIGURA 2.15 EJEMPLO DE ESCENA VIRTUAL EN REALIDAD AUMENTADA	45
FIGURA 2.16 SIMULADOR DE PESCA REAL VR FISHING	46
FIGURA 2.17 EJEMPLO DE IMÁGENES 360°	47
FIGURA 2.18 EJEMPLO DE HOLOGRAFÍA BÁSICA	48
FIGURA 2.19 METAVERSO HORIZON WORLDS	49
FIGURA 2.20 EJEMPLO DE TEXT-BASED	49
FIGURA 2.21 EJEMPLO DE RECORRIDO VIRTUAL	50
FIGURA 2.22 VIDEOJUEGO BEAT SABER	51
FIGURA 2.23 HMD PICO 4, DESARROLLADOS POR BYTEDANCE	52
FIGURA 2.24 HMD XIAOMI WIRELESS AR GLASS DISCOVERY EDITION DESARROLLADOS POR XIAOMI CORPORATION	53
FIGURA 2.25 HMD APPLE VISION PRO DESARROLLADOS POR APPLE INC.	54
FIGURA 2.26 COMPUTADORA DE ESCRITORIO MAC PRO DESARROLLADA POR APPLE INC	55

FIGURA 2.27 LAPTOP MACBOOK AIR DESARROLLADA POR APPLE INC	56
FIGURA 2.28 SMARTPHONE IPHONE 14 DESARROLLADO POR APPLE INC.....	57
FIGURA 2.29 TABLET IPAD PRO DESARROLLADA POR APPLE INC.....	57
FIGURA 2.30 VRH DE GAMA BAJA PARA CELULAR GOOGLE CARDBOARD.....	58
FIGURA 2.31 VRH DE GAMA ALTA PLAYSTATION VR	59
FIGURA 2.32 PLATAFORMA OMNIDIRECCIONAL OMNI ONE DESARROLLADO POR VIRTUIX	60
FIGURA 2.33 GUANTES HÁPTICOS PARA REALIDAD VIRTUAL Y REALIDAD AUMENTADA.....	60
FIGURA 2.34 CONTROLADORES PARA META QUEST 2.....	61
FIGURA 2.35 VOLANTES Y PEDALES LOGITECH G29 DRIVING FORCE	61
FIGURA 3.1 COMPARACIÓN GRÁFICA DEL DOMINIO COGNITIVO DE LA TAXONOMÍA DE BLOOM Y LA PROPUESTA DE ANDERSON Y KRATHWOHL	70
FIGURA 3.2 RELACIÓN ENTRE LAS TEORÍAS Y COMPETENCIAS EDUCATIVAS	86
FIGURA 3.3 TIPOS DE OBJETOS VIRTUALES TRIDIMENSIONALES DE APRENDIZAJE	88
FIGURA 3.4 TIPOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE SEGÚN SU PROPÓSITO	102
FIGURA 3.5 ELEMENTOS PARAMÉTRICOS.....	111
FIGURA 3.6 MODELO DE CAJA.....	112
FIGURA 3.7 MODELO POLIGONAL	113
FIGURA 3.8 MODELO ESCULTÓRICO	113
FIGURA 3.9 EJEMPLO DE PARTÍCULAS SUJETAS A UN EFECTOR DINÁMICO	114
FIGURA 3.10 EJEMPLO DE GEOMETRÍA DERIVADA.....	115
FIGURA 3.11 EJEMPLO DE CABELLO Y TELA	116
FIGURA 3.12 EJEMPLO DE MODIFICADOR	116
FIGURA 3.13 EJEMPLO DE RECURSOS DE INTERACCIÓN APLICADOS	118
FIGURA 3.14 MATERIALES Y TEXTURIZADO UV (UV MAPPING).....	119
FIGURA 3.15 OBJETOS ILUMINADOS CON UNA LUZ FOCAL	119
FIGURA 3.16 CÁMARA IMPLEMENTADA EN UNA ESCENA	120
FIGURA 3.17 EJEMPLO DE COMPOSICIÓN	121
FIGURA 3.18 ANIMACIÓN DE UNA ESFERA.....	122
FIGURA 3.19 ESQUELETO IMPLEMENTADO EN UNA SERIE DE POLIEDROS CUADRANGULARES	123
FIGURA 3.20 RENDERIZADO DE UNA ESCENA	124
FIGURA 4.1 PARTES QUE INTEGRAN UN SISTEMA	131
FIGURA 4.2 METODOLOGÍA MDSERV.....	135
FIGURA 4.3 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA MDSERV	136
FIGURA 4.4 METODOLOGÍA MDMVVRML.....	137
FIGURA 4.5 ETAPAS DE LA METODOLOGÍA MDMVVRML	138

FIGURA 4.6 <i>METODOLOGÍA MDEET</i>	139
FIGURA 4.7 <i>ETAPAS DE LA METODOLOGÍA MDEET</i>	140
FIGURA 4.8 <i>METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	141
FIGURA 4.9 <i>ETAPAS DE LA METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	141
FIGURA 4.10 <i>METODOLOGÍA MCOVARA</i>	143
FIGURA 4.11 <i>ETAPAS DE LA METODOLOGÍA MCOVARA</i>	144
FIGURA 5.1 <i>MODELO SISTÉMICO PARA EL DESARROLLO DE OBJETOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN REALIDAD EXTENDIDA</i>	154
FIGURA 5.2 <i>ETAPA DE ANÁLISIS Y SUS SECCIONES</i>	155
FIGURA 5.3 <i>ETAPA DE PRODUCCIÓN Y SUS SECCIONES</i>	165
FIGURA 5.4 <i>ETAPA DE EVALUACIÓN Y SUS SECCIONES</i>	172
FIGURA 0.1 <i>ETAPAS Y CICLO DE VIDA PARA EL DESARROLLO DE MUNDOS VIRTUALES CON LA METODOLOGÍA MDSEEV</i>	186
FIGURA 0.2 <i>SUBETAPAS DE LA METODOLOGÍA MDSEEV</i>	187
FIGURA 0.3 <i>DISEÑO FUNCIONAL DEL SISTEMA: METODOLOGÍA MDSEEV</i>	188
FIGURA 0.4 <i>AMBIENTE EDUCATIVO: METODOLOGÍA MDSEEV</i>	190
FIGURA 0.5 <i>IMPLEMENTACIÓN: METODOLOGÍA MDSEEV</i>	191
FIGURA 0.6 <i>ARQUITECTURA PARA SISTEMAS DE REALIDAD VIRTUAL: METODOLOGÍA MDSEEV</i>	191
FIGURA 0.7 <i>SINTAXIS Y ESTRUCTURA BÁSICA DE UN SISTEMA QUE UTILIZA UN LENGUAJE DE MODELADO DE REALIDAD VIRTUAL:</i> <i>METODOLOGÍA DE DESARROLLO VRML</i>	195
FIGURA 0.8 <i>NODO, CAMPO Y EVENTO: METODOLOGÍA DE DESARROLLO VRML</i>	197
FIGURA 0.9 <i>INSTANCIA EN EL MISMO NIVEL DEL OBJETO: METODOLOGÍA DE DESARROLLO VRML</i>	198
FIGURA 0.10 <i>INSTANCIA UN NIVEL MÁS BAJO QUE EL OBJETO: METODOLOGÍA DE DESARROLLO VRML</i>	198
FIGURA 0.11 <i>DIAGRAMA DE TRANSICIÓN DE ESTADOS: METODOLOGÍA DE DESARROLLO VRML</i>	199
FIGURA 0.12 <i>DIAGRAMA DE INTERACCIONES: METODOLOGÍA DE DESARROLLO VRML</i>	199
FIGURA 0.13 <i>METODOLOGÍA DE DESARROLLO EVOLUTIVO PARA ESCENARIOS TRIDIMENSIONALES</i>	202
FIGURA 0.14 <i>TABLA PARA LA DESCRIPCIÓN FUNCIONAL Y/O RESTRICCIONES QUE DEBE SATISFACER LA VISITA VIRTUAL:</i> <i>METODOLOGÍA MDEET</i>	203
FIGURA 0.15 <i>MODELO DE ESCENARIO: METODOLOGÍA MDEET</i>	204
FIGURA 0.16 <i>MODELO DE NAVEGACIÓN: METODOLOGÍA MDEET</i>	204
FIGURA 0.17 <i>TABLA DE DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES: METODOLOGÍA MDEET</i>	205
FIGURA 0.18 <i>FASE DE DESARROLLO: METODOLOGÍA MDEET</i>	206
FIGURA 0.19 <i>METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE AMBIENTES VIRTUALES EN LA REPRESENTACIÓN DE ESPACIOS DE LA VIDA</i> <i>REAL</i>	208
FIGURA 0.20 <i>FORMULARIO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS RELACIONADOS CON LOS OBJETOS QUE COMPONEN EL ESCENARIO:</i> <i>METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	208
FIGURA 0.21 <i>ESTUDIO DE FACTIBILIDAD: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	210

FIGURA 0.22 <i>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	211
FIGURA 0.23 <i>ETAPA DE OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	212
FIGURA 0.24 <i>FORMULARIO PARA LA OBTENCIÓN DE REQUERIMIENTOS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	213
FIGURA 0.25 <i>ETAPA DE DISEÑO: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	213
FIGURA 0.26 <i>FORMULARIO DE LA ETAPA DE DISEÑO: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	215
FIGURA 0.27 <i>DIAGRAMA EN DONDE SE PRESENTA GRÁFICAMENTE EL ENSAMBLE DE UN AMBIENTE VIRTUAL: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	217
FIGURA 0.28 <i>ETAPA UNO DEL PROCESO DE PRUEBAS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	218
FIGURA 0.29 <i>CASO DE PRUEBAS SEGÚN REQUERIMIENTOS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	218
FIGURA 0.30 <i>CASO DE PRUEBA SEGÚN POLIGONIZACIÓN: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	219
FIGURA 0.31 <i>CASO DE PRUEBA PARA VALIDAR LA ANIMACIÓN: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	219
FIGURA 0.32 <i>CASO DE PRUEBAS PARA VALIDAR EXPORTACIÓN DE OBJETOS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	220
FIGURA 0.33 <i>ETAPA DOS DEL PROCESO DE PRUEBAS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	221
FIGURA 0.34 <i>CASO DE PRUEBA PARA IMPORTAR OBJETOS: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	221
FIGURA 0.35 <i>CASO DE PRUEBA PARA EL TIEMPO DE EJECUCIÓN: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	222
FIGURA 0.36 <i>CASO DE PRUEBA PARA EJECUCIÓN Y ANIMACIÓN DE LOS OBJETOS</i>	222
FIGURA 0.37 <i>TOLERANCIA DE HARDWARE: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	223
FIGURA 0.38 <i>CASO DE PRUEBA DE INSTALACIÓN DEL MUNDO VIRTUAL: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	224
FIGURA 0.39 <i>CASO DE PRUEBA DE MANIOBRABILIDAD: METODOLOGÍA MDAVREVR</i>	224