

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 5 "Entornos Virtuales"**



*Título: Interacción de secuencias de animaciones  
en la Realidad Aumentada*

*Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero Informático*

**Autor(es):** Loiret González Pompa

Yoleidy Socorro Álvarez

**Tutor(es):** Lidiexy Alonso Hernández

*Ciudad de la Habana*

*Julio 2008*

*“Haz lo necesario para lograr tu más ardiente deseo, y acabarás  
lográndolo”*

*Ludwig Van Beethoven*

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo a la Facultad 5 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

Yoleidy Socorro Álvarez

---

Firma del Autor

Loiret González Pompa

---

Firma del Autor

Lidiexy Alonso Hernández

---

Firma del tutor

## **DATOS DE CONTACTO**

Lidiexy Alonso Hernández.

Licenciado en Ciencias de la computación.

Graduado en el curso 2002-2003 en la Universidad Central de las Villas.

2 años de experiencia en el tema.

5 años de graduado.

Categoría docente: Instructor.

Vicedecano de Producción e Investigación.

[lidiexy@uci.cu](mailto:lidiexy@uci.cu)

**AGRADECIMIENTOS COMPARTIDOS**

*Le agradecemos:*

*A nuestro eterno comandante por pensar en la creación de este gran proyecto, por sus ideas, por sus ejemplos, por darnos la oportunidad de ser partícipes de uno de sus más grandes sueños.*

*A todas esas personas que de forma desinteresada nos han extendido su mano para que este sueño se hiciera realidad, en especial al Flaco, Ayllín, Yari e Irina.*

*A Karel y a Jaime por orientarnos el camino a seguir para el desarrollo de la tesis.*

*A todos los profesores que han sido partícipes de nuestra formación como profesionales.*

*A las personas que en los últimos momentos nos brindaron todo su apoyo e hicieron todo lo posible porque esta tesis saliera adelante. Arian, Yurian, Susej.*

*A los amigos que nos han acompañado durante todos estos años y en especial a nuestro grupo por las aventuras y los buenos momentos que hemos compartido.*

*A nuestros familiares por sus preocupaciones y apoyo durante este largo tiempo.*

*A mi mamá por ser la mejor, mi inspiración, por llenarme de esperanzas siempre que he estado a punto de perderlas, por apoyar y respetar todas las decisiones que he tomado en la vida, por ser yo la razón de sus desvelos y su mayor motivo para seguir adelante.*

*A mis abuelos Migdalia y Francisco, que son parte de mi alma y han llenado mis años con su amor y cariño, a ellos les debo gran parte de lo que soy, gracias por haber sembrado tantas cosas buenas en mí, por el respeto que siempre me han inspirado. Gracias por su ejemplo.*

*A mi hermana, por sus consejos, por extenderme su mano cada vez que lo necesito, por aceptarme como soy, por quererme tanto.*

*A mi papá, por apoyar mis decisiones, por comprenderme, por ver correcto todo lo que hago, por sentirse orgulloso de mí. Sabes que te quiero mucho.*

*A Ede, por su afán de complacerme, por su preocupación, por quererme tanto.*

*A tata, por su preocupación, por tratar de buscar siempre solución a mis problemas, por ser como una hermana mayor, por su ejemplo. Mil gracias.*

*A mis tías, que siempre han estado pendientes de todo lo que me sucede.*

*A Maday, mi amiga de siempre, por ser de esas personas que todo el mundo piensa que ya no existen. Mira como han pasado los años desde que nos conocimos jugando a las escondidas, PERO NOSOTRAS ESTAMOS IGUALITAS jejejejejeje. Parece que fue ayer eh?????*

*A Bismarck, por demostrarme que las cosas buenas pueden ser efímeras, pero nos cuestan tanto que se quedan para siempre, por buscar siempre la forma de complacerme, por amarme, por estar en mi vida, porque con su amor todo es más fácil.*

*A Zenaida y Ramón, por todo el apoyo que me han dado, por su alegría, por su fuerza, su preocupación por mí, por acogerme como una hija más.*

*Al flaco, que no tengo palabras para agradecerle lo que ha hecho por nosotras, por dedicarnos tantas horas y ayudarnos incondicionalmente, con esta tesis tienes otro título. Mil gracias!!!!*

*A Loiret que ha sido la persona que me ha acompañado durante toda esta lucha, porque ha vivido conmigo todos los momentos de angustia y solo ella sabe por todo lo que hemos tenido que pasar. Gracias por hacer posible la realización de esta tesis.*

*A Yary (La Wikipedia), por tratar de darle siempre solución a nuestras preguntas, a Aylin por la ayuda y el apoyo dado, a Irina por buscar la manera de resolver nuestros problemas y por su ayuda. Todas han colaborado incondicionalmente.*

*A Dailys y Eivys por brindarme siempre su ayuda, por pasar juntas tan buenos momentos.*

*A Isle por apoyarme siempre, por darme fuerzas y ánimo para seguir adelante, por poder contar con su amistad.*

*A los muchachos del laboratorio por aliviar el peso de las intensas horas, de las madrugadas, por hacernos reír, por compartir criterios, por el chuchito. El Migue, Dariel, Inti, Leonel, Enrique, Fabi, Mario, Ernesto, Mileidy, Reinier, a todos muchas gracias.*

Yoleidy

*A mi abuelita Gladis que es mi mas grande tesoro, por quererme tanto, por sus desvelos por mí, por su fuerza de voluntad para estar siempre positiva ante cada una de mis dificultades, por su lucha diaria de siempre para que yo creciera y llegara hasta aquí.....porque eres lo más grande y lindo te agradezco.*

*A mi abuelo Carlos que si estuvieras te sentirías orgulloso de mí y aun así siempre guías e iluminas cada uno de mis pasos.*

*A mi hermanito que es esa personita que tanto quiero, por ser la luz de mi vida, porque eres my inspiración y my fuerza para dar cada uno de mis pasos para llegar al triunfo.*

*A mis Padres por ser las personas más bellas del mundo, por sus sacrificios para que yo saliera adelante, por estar siempre pendiente de mí y que ha pesar de esta distancia me han acompañado en mis alegrías y tristezas, por confiar en mí, porque se que si lo tienen que dar todo para que yo salga adelante lo hacen. Gracias por existir.*

*A mis tías Belnis y Julia, por su cariño y preocupación durante estos cinco años, por alimentar mis esperanzas cuando las he perdido, por no dejar que me desmoronara aún en los momentos más difíciles y siempre me motivaron a salir adelante, las quiero mucho, gracias por todo.*

*A mi tío Juanca por estar siempre dispuesto para mí, por verme crecer como una hija, por su apoyo y cariño, porque eres mi papá chico te quiero y te agradezco.*

*A Perera por amarme, apoyarme, porque en este poco tiempo te haz convertido en alguien especial e importante en mis luchas diarias, te quiero mucho....*

*A mi tío Derivet por estar siempre cuando lo necesito, por quererme y haberme asumido como un compromiso durante estos cinco años.*

*A Aylín porque nunca me diste la espalda en estos cinco años, que de forma sincera me tendiste la mano y siempre me ayudaste para que saliera de mis momentos tristes. Porque respondes a mis pesadeces con cariño y comprensión.....Gracias por ser mi amiga.*

*Al Flaco....no se como decirte lo tanto que te agradezco, por tu ayuda precisa y desinteresada, por estar ahí en los momentos mas difíciles de estos cinco años, por tu dedicación en estas largas madrugadas y que finalmente sin ti este sueño no lo hubiese logrado.*

*A Parra porque gracias a ti aprendí a programar.*

*A Yole porque solo tu sabes lo difícil que ha sido todo.*

*A mis compañeros de grupo, a las personas con las que he vivido momentos felices y tristes en estos cinco años, a todos porque han sido una parte importante de este largo camino. Son mi familia grande.*

*A todos gracias porque sin el apoyo de ustedes no hubiese sido posible, porque son especiales, por haber estado en todos los momentos difíciles que los he necesitado, en fin por sus aportes para que este sueño se hiciera realidad.*

Loiret.

## ***Dedicatoria***

*A mi mamá, por ser el mejor regalo que me ha dado la vida, mi mayor alegría, mis ojos, mi gran virtud, eres la mayor muestra de amor y bondad que dios ha guardado para mí. Tú lo que más amo.*

*A Lissy, mi pequeña hermana que tantas cosas me ha enseñado de forma inconsciente, verte crecer y luchar por lo que quieres me ha llenado de orgullo, me has convertido en tu ejemplo y esa es mi mayor gloria. No importa cual sea tu mayor sueño, lo importante es que lo tengas. Te adoro siempre.*

*A mima y Abo que han hecho de mí una mujer de bien, que han vivido para mí y darían con los ojos cerrados una vida de felicidad por evitarme un instante de sufrimiento. Siempre los llevo en mi corazón.*

*A mi hermano Ede que me ha dado tanto cariño y desde pequeño siempre ha estado pendiente de mí a pesar de su corta edad. Te quiero mucho.*

*A la memoria de mi abuelo Edel que me hubiese gustado mucho darle el placer de verme hecha ingeniera y donde quiera que esté sabe que en estos últimos tiempos he pensado mucho en él.*

*A Dios por darme la fé.*

*Yoleidy*

*A mi abuelo querido.*

*A mi abuela, mi mamá, mi papá y mi hermanito por ser lo que más amo.*

*Para ustedes es este triunfo.*

*Loiret*



## RESUMEN

Actualmente la informática es una ciencia que evoluciona constantemente y trae consigo el surgimiento y desarrollo de nuevos campos que ayudan a aumentar los potenciales de esta ciencia, así es el caso de la Realidad Aumentada que surge como la técnica que enriquece los entornos reales aportándole objetos virtuales por lo que muestra un grado de avance con respecto a la Realidad Virtual.

La Realidad Aumentada muestra una forma de relacionar el mundo real con el virtual, este último puede estar formado por objetos modelados en 3D a los cuales se les incorporan animaciones con el objetivo de que muestren mayor nivel de realismo. El objetivo de este trabajo es desarrollar una investigación donde se describa como puede ser modelada una interacción de una secuencia de animaciones en un entorno de Realidad Aumentada.

En el transcurso de la investigación se abordan los conceptos más importantes relacionados con la Realidad Aumentada, la Realidad Virtual, las animaciones ya sean sus principios, tipos y técnicas usadas para modelar un objeto animado. Además se destaca la importancia de aplicar los métodos de interpolación para mejorar las transiciones en el movimiento.

Como resultado de esta investigación se describe una propuesta de solución con el propósito de ayudar al entendimiento de cómo manipular el comportamiento de objetos virtuales animados para luego ser integrados a la biblioteca ARToolkit para de esta forma visualizar la Realidad Aumentada.

**PALABRAS CLAVES:** Realidad Aumentada, animación, interpolación, interacción.

## TABLA DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS COMPARTIDOS .....	II
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN .....	II
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
Introducción .....	4
1.1-Surgimiento de la Realidad Aumentada.....	5
1.2- Realidad Virtual.....	7
1.2.1- Aplicaciones de la Realidad Virtual .....	8
1.2.2- Importancia de la Realidad Virtual .....	9
1.3- Realidad Aumentada.....	9
1.3.1-Objetivos .....	11
1.3.2- Ejemplos de Aplicaciones .....	12
1.3.3- Funcionalidad.....	14
1.3.4- Importancia de la Realidad Aumentada .....	17
1.4- Animaciones .....	17
1.4.1-¿Como funciona la animación?.....	18
1.4.2- Principios de la animación .....	18
1.4.3- Importancia de las animaciones.....	22
1.4.4- Utilidad de las animaciones en entornos virtuales .....	23
1.4.5- Las animaciones en la Realidad Aumentada.....	23
1.4.6-Transiciones de Animaciones.....	24
1.4.7- Interpolación de Animaciones .....	24
1.5- Importancia de aplicar interpolación.....	25
1.6- Interacción .....	25
<b>CAPÍTULO 2: SOLUCIONES TÉCNICAS.....</b>	<b>28</b>
Introducción .....	28
2.1- Interpolación.....	29
2.1.1- Métodos de interpolación .....	29
2.1.2-Transformaciones geométricas.....	30
2.2-Tipos de Animación .....	31
2.3- Técnicas de Animación .....	32
2.3.1- Importancia de las técnicas de animación .....	37
2.4- Comportamiento en mundos virtuales.....	37
2.4.1- Interacción entre objetos virtuales .....	38
2.4.2- Interacción entre animaciones en un ambiente virtual.....	38
2.4.3- Interacción en un entorno de Realidad Aumentada .....	39
2.5- Herramientas .....	39
2.5.1- AR Toolkit. ....	39

---

2.5.2- OSGART .....	39
2.5.3- Mr.Planet .....	40
2.6- Formatos .....	40
2.6.1- VRML .....	40
2.6.2- 3Ds .....	41
2.7- Herramienta de diseño .....	42
2.8- Librería Gráfica .....	42
2.8.1-DirectX: .....	43
<b>CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN.</b> .....	<b>46</b>
Introducción .....	46
3.1- Técnica de animación seleccionada .....	47
3.2- Herramienta a utilizar .....	47
3.3- Formato seleccionado .....	51
3.4- Método de Interpolación .....	52
3.5- Librería gráfica seleccionada .....	53
3.6- Modelo de Dominio .....	53
3.7- Descripción del funcionamiento básico de una aplicación ARToolkit .....	55
3.8- Descripción de la propuesta de solución .....	58
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>65</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>66</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>67</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS</b> .....	<b>72</b>
<b>GLOSARIO DE ABREVIATURAS</b> .....	<b>74</b>

## Índice de figuras

Figura 1	Visión de RAYO X de un cirujano del cerebro de un paciente. ....	6
Figura 2	Tubo virtual sobrepuesto en una verdadera tubería industrial basada en dos planos... 6	6
Figura 3	Anotaciones para los coches de carreras en una emisión de deportes en vivo. ....	7
Figura 4	Un humano virtual que juega damas en tiempo real. ....	7
Figura 5	Ejemplo de Realidad Virtual en la Arquitectura.....	9
Figura 6	Imagen de ruina antigua .....	10
Figura 7	Reconstrucción sobre ruina antigua en Realidad Aumentada.....	11
Figura 8	Ejemplo del juego ¿Puedes verme ahora?.....	13
Figura 9	Equipado para jugar Quake .....	13
Figura 10	El mundo Quake en escenarios.....	13
Figura 11	Esquema de la tecnología óptica en RA.....	15
Figura 12	Esquema de la tecnología en RA .....	15
Figura 13	Realidad Aumentada sobre un monitor.....	16
Figura 14	Imagen encogida .....	20
Figura 15	Imagen estirada.....	20
Figura 16	Ejemplo de anticipación.....	21
Figura 17	Imagen de El libro electrónico.....	24
Figura 18	Ejemplo de un fotograma.....	31
Figura 19	Ejemplo de animación por capas.....	34
Figura 20	Ejemplo de animación capturada.....	35
Figura 21	Ejemplo de Fotogramas claves.....	36
Figura 22	Imagen de un patrón .....	48
Figura 23	Cálculo de coordenadas entre la cámara y el marcador .....	49
Figura 24	Pasos del algoritmo de posicionamiento en ARToolkit .....	50
Figura 25	Modelo de Dominio .....	53
Figura 26	Procesos de eventos en VRML.....	60
Figura 27	Cadena de la animación global para un interpolador .....	62

## Índice de tablas

Tabla 1: Llamadas de funciones y código correspondientes a cada paso de las aplicaciones ARToolkit.....	51
---	----

## INTRODUCCIÓN

La Realidad Aumentada surge debido a la necesidad de interpolar dos mundos que se complementan entre sí, el real y el virtual. Al aparecer estos nuevos conocimientos se presentan numerosas perspectivas que desde hace más de una década, aún constituye un desafío tecnológico importante.

Se puede definir la Realidad Aumentada (en lo adelante RA) como el campo de la tecnología que estudia la manera de combinar el mundo real con imágenes virtuales. O sea, montando objetos virtuales en un entorno real. Esta idea parte de la hipótesis de que el mundo que nos rodea es difícil de transcribir y lo que realmente nos interesa es mantenernos en nuestro mundo, no viajar a otros a través de reproducciones. Se considera una técnica íntegramente innovadora, ligada a la Realidad Virtual (RV), aunque diferente en varios aspectos, ya que la Realidad Virtual permite la inmersión en un mundo artificial que sustituye completamente al mundo real, mientras que la Realidad Aumentada mantiene el mundo real enriqueciéndolo con la presencia de elementos virtuales.

Los Sistemas de RA se pueden considerar interactivos, en tiempo real y en ellos se alinean los objetos virtuales y reales unos con otros.

Para el desarrollo de esta tecnología se utilizan visores de cómputo que agregan información virtual a la percepción de los usuarios, para así complementar ese mundo real. Como principal objetivo en el diseño de estos sistemas es que lleguen a ser tan portables, ligeros, pequeños y robustos como sea posible y que permitan al usuario examinar cualquier medio no preparado, ya sea interior o exterior, sin ninguna restricción.

Las aplicaciones de la RA se han convertido en un reto para estos tiempos; debido a su amplia área de estudio se puede localizar en numerosas esferas de la vida, ya que la capacidad de superposición de estos sistemas permite representar situaciones del mundo con un gran nivel de realismo. Sus usos potenciales son numerosos, pues se ve reflejada en diferentes ramas como, la medicina, en lo militar, arquitectura, arqueología, pedagogía, urbanística y entretenimiento. Por ejemplo en la arquitectura a través de los elementos que le ofrece esta tecnología se puede construir un modelo virtual a partir de las ruinas existentes en un entorno real, lo mismo puede decirse de la medicina, que gracias a esta tecnología se pueden observar los tejidos del cuerpo mediante una ampliación virtual del organismo, sin necesidad de recurrir a los rayos X. Desde finales de la década de los noventa se está trabajando fuertemente en otras tres nuevas áreas: los sistemas de RA móviles en exteriores, la RA colaborativa y

el desarrollo de aplicaciones comerciales. Estas nuevas aplicaciones reflejan una comprensión más profunda de los posibles usos de la RA y los avances recientes en las tecnologías de visualización.

La aplicación de animaciones a cualquier entorno le aporta un alto nivel de dinamismo, realismo e interactividad. Por lo general cuando se tienen varias animaciones ocurren saltos en los cambios de posición o rotación de cada uno de sus elementos, para lograr eliminar este problema se utilizan los métodos de interpolación.

La informática es una ciencia que evoluciona constantemente, lo que trae como consecuencia el desarrollo de nuevas tecnologías como es el caso de la Realidad Aumentada que en Cuba es algo completamente novedoso, debido a esta causa existen pocas aplicaciones en las que se emplea esta nueva tecnología. En función de la inexistencia de conocimientos de las aplicaciones de la Realidad Aumentada la Universidad de las Ciencias Informáticas (en lo adelante UCI) y en especial la Facultad Cinco se ha propuesto realizar una investigación que permita demostrar y caracterizar como interactúan las animaciones en la Realidad Aumentada, estos estudios pueden contribuir a diferentes aplicaciones en la esfera productiva de la UCI.

Partiendo de lo que anteriormente se ha expuesto surge la siguiente **Pregunta científica**: ¿Cómo aplicar un modelo de interacción a las secuencias de animaciones en la Realidad Aumentada?

Por lo que se define como **Objeto de Estudio** las animaciones en la Realidad Aumentada.

Del objeto de estudio anterior se puede definir como **Campo de Acción** la interacción de secuencias de animaciones en la Realidad Aumentada.

Se propone como **Objetivo General** describir cómo interactúan las secuencias de animaciones en los entornos de Realidad Aumentada.

Con el fin de darle solución al objetivo propuesto y alcanzar las perspectivas de dicha problemática surgen las siguientes **Tareas de Investigación**:

- ✓ Analizar las técnicas de animación y los métodos de interpolación.
- ✓ Analizar los elementos referentes a la Interacción de Objetos virtuales en la Realidad Aumentada.
- ✓ Identificar los métodos de interpolación y definir cual va a ser aplicado a la secuencias de animaciones.

- ✓ Realizar una propuesta de solución sobre la interacción de una secuencia de animaciones en la Realidad Aumentada.

Los **Métodos científicos de la investigación** que se utilizaron en este trabajo son referenciados a continuación.

Se utilizó como método teórico el **Analítico-sintético**, ya que un detallado análisis permitió llegar a la particularidad de la investigación, así como desglosar en partes importantes la investigación para obtener la esencia de cada documento estudiado, teoría planteada y otros contenidos importantes para el desarrollo de la misma. El **Inductivo-deductivo**, este método permitió darle solución al problema planteado a través de conocimientos generales sobre el tema de investigación, llegando así a conclusiones particulares. Además el método de **Análisis histórico lógico** el cual permitió hacer un estudio del desarrollo de la RA en el mundo y en Cuba, para así llegar a la importancia de desarrollar esta investigación.

La estructura del documento será organizada de la siguiente forma:

**Capítulo 1:** Serán reflejados algunos conceptos importantes relacionados con la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada, así como un recuento que engloba desde el surgimiento, funcionalidades, aplicaciones y objetivos de la RA.

Se abordarán aspectos referentes a las animaciones y su importancia para ambos mundos. Conjuntamente se justificará la importancia de aplicar los métodos de interpolación a las transiciones de las animaciones, además de una referencia al término interacción.

**Capítulo 2:** En este capítulo se exponen algunos conceptos referentes a los métodos de interpolación, seguidamente serán enumerados algunas definiciones referentes a los distintos tipos de animaciones y la descripción de algunas herramientas que se emplean para desarrollar aplicaciones en Realidad Aumentada.

**Capítulo 3:** Se explica de forma detallada la propuesta de solución de la investigación que se ha llevado a cabo, además se exponen un conjunto de características que justifican la elección del método de interpolación, la herramienta, formato y técnica de animación que se utilizaron para dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

# CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

## Introducción

En este capítulo se exponen algunos conceptos relacionados con lo que es Realidad Virtual y Realidad Aumentada, haciéndose un breve recuento de cómo surge esta última, cuáles son sus objetivos y sus funcionalidades.

Se destacan además algunos ejemplos de las esferas en que pueden ser aplicadas la Realidad Virtual y la Realidad Aumentada y la importancia que tienen las animaciones para ambos entornos.

Las animaciones juegan un papel muy importante en el desarrollo de mundos virtuales en la actualidad, debido a esto en el presente capítulo se describen los principios de animación, además de la importancia de los métodos de interpolación para lograr que ocurra adecuadamente la transición en las animaciones. Además se hace referencia al término interacción.



## 1.1-Surgimiento de la Realidad Aumentada

Con el desarrollo de la informática a nivel mundial han ido evolucionando nuevas tecnologías para dar solución a problemas y situaciones, como es el caso de la RA, que surge con el objetivo de dar respuesta a las limitaciones que presentaba la Realidad Virtual (en lo adelante RV).

Los principios de la RA, datan de trabajos realizados en los años 60, cuando se utilizaron algunos dispositivos para presentar gráficos 3D, sin embargo, sólo sobre la última década se han hecho bastantes trabajos para referir la RA como campo de la investigación. En 1997, se publicó un artículo en el cual se describen muchos problemas y se hace un resumen de los progresos hasta ese punto. Desde entonces, el crecimiento de la RA y sus avances han sido notables.

A pesar de existir el entorno de la RA hace una década aproximadamente, apenas en los últimos años es que su ascenso se ha hecho más evidente. Ese avance resulta de iniciativas como la creación de una conferencia especializada, el "International Symposium on Mixed and Augmented Reality" (ISMAR). Además su explotación comercial ha despegado gracias al avance de la tecnología y la programación, que han hecho posible que se pueda aplicar incluso en dispositivos móviles.

En la Industria Electrónica la Realidad Aumentada es una de las más recientes innovaciones, pues esta va mucho más allá de la tecnología de gráficos estáticos de la televisión, en los sistemas de RA se logran superponer gráficos y audio para cada perspectiva, así como ajustar cada movimiento de la cabeza del usuario y los ojos.

El desarrollo de la tecnología necesaria para los sistemas de RA, está todavía en curso en los laboratorios de investigación de universidades y empresas de alta tecnología.

La misión de esta nueva tecnología es superar los resultados alcanzados con la Realidad Virtual puesto que se logra llevar un entorno más real a la vista del usuario y por consiguiente sus aplicaciones alcanzan un mayor grado de utilización en múltiples campos, con esta tecnología el usuario no pierde la visión del mundo físico pues este tiene la experiencia de recorrer el espacio digital representado con imágenes virtuales mientras está en un entorno real. El uso de la Realidad Aumentada es muy productivo pues su utilidad va mucho más allá de juegos y videos, es como añadir información a la realidad, puede ser empleada en guías turísticas, guías urbanas, mapas, en la reconstrucción de lugares antiguos y para decoraciones doméstica entre otros.

Durante varios años de una forma inconsciente en las películas de Hollywood se han estado combinando imágenes generadas por el ordenador con escenas del mundo real y los resultados son tan realistas que es a veces difícil distinguir entre el mundo verdadero y el virtual, como son las interacciones sincronizadas entre hombre y dinosaurio en el Parque Jurásico, o la reconstrucción del Titanic en la película del mismo nombre, talmente parece que los artistas de estos efectos especiales al combinar objetos virtuales con los del mundo físico dominaban la Realidad Aumentada.

En la actualidad para las aplicaciones de RA debemos encontrar primero soluciones eficientes y confiables al problema de registro de tiempo real. Un ejemplo reciente de estos trabajos se muestra en las siguientes figuras:

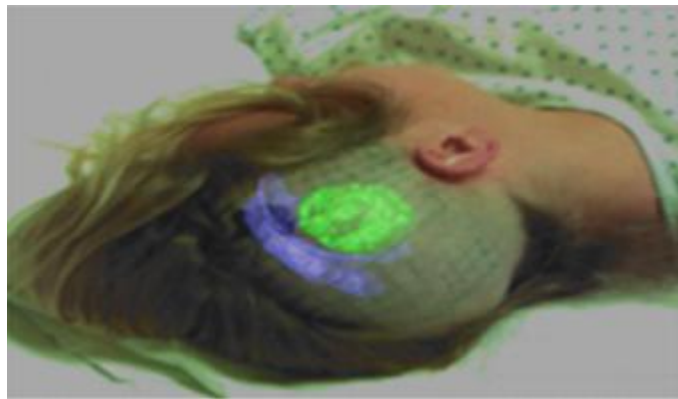


Figura 1 Visión de RAYO X de un cirujano del cerebro de un paciente.



Figura 2 Tubo virtual sobrepuesto en una verdadera tubería industrial basada en dos planos.



Figura 3 Anotaciones para los coches de carreras en una emisión de deportes en vivo.



Figura 4 Un humano virtual que juega damas en tiempo real.

## 1.2- Realidad Virtual

Para llevar a cabo una investigación sobre la Realidad Aumentada es muy importante referirse a su predecesora la RV.

### Concepto

La Realidad Virtual se puede definir como una simulación tridimensional generada o asistida comúnmente por computadora de algún aspecto del mundo real o ficticio, en el cual el usuario tiene la sensación de pertenecer a ese ambiente sintético o interactuar con él. La RV permite interactuar con mundos tridimensionales de una manera más natural, por ejemplo, un usuario puede realizar acciones dentro de un modelo virtual, desplazarse, moverse, caminar a través de él o levantar cosas, y de esta forma experimentar situaciones que se asemejan al mundo real. [\[1\]](#)

## Surgimiento

Comenzó a finales de los 70's como material para una clase de aviación en el departamento de defensa de los Estados Unidos, para hacer simulaciones de vuelo, practicando y no arriesgando vidas. Es una técnica que le brinda al usuario la capacidad de interactuar a través de los diferentes sentidos en un ambiente virtual debido a la existencia de dispositivos visuales, de sonido y hápticos.

[2]

## Clasificaciones

La Realidad Virtual se puede clasificar de dos formas: inmersiva y no inmersiva.

Los métodos inmersivos de la Realidad Virtual con frecuencia se ligan a un ambiente tridimensional creado por computadora el cual se manipula a través de cascos, guantes u otros dispositivos que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano.

La Realidad Virtual no inmersiva utiliza medios como el que actualmente nos ofrece Internet en el cual podemos interactuar en tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos adicionales a la computadora. [3]

### 1.2.1- Aplicaciones de la Realidad Virtual

Desde su surgimiento ha tenido múltiples aplicaciones que han servido para enriquecer tanto el aprendizaje como el entretenimiento de las personas. Se puede apreciar en diferentes entornos de trabajo. En un principio la RV fue usada en su mayoría para aplicaciones militares o incluso de entretenimiento, sin embargo, en los últimos años se han diversificado las áreas en que se utiliza, por ejemplo: En la física para la visualización de fluidos de partículas, en la ingeniería para llevar a cabo el proceso de ensamblado y la manipulación remota de robots, en ciencias de la tierra para la visualización de fenómenos volcánicos y modelado de relieves topográficos, en la oceanología, en la arquitectura, en la medicina para la psicología y en el tratamiento para el bienestar de pacientes con cáncer, en los medios de comunicación y en el arte para la construcción de museos y planetarios.[4]

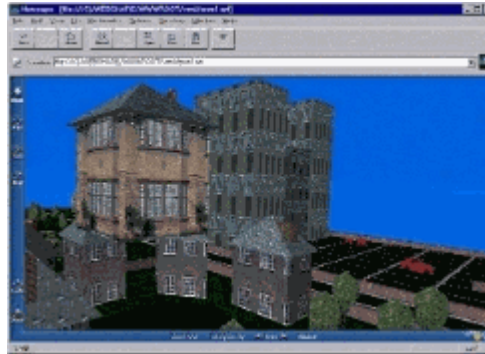


Figura 5 Ejemplo de Realidad Virtual en la Arquitectura

### 1.2.2- Importancia de la Realidad Virtual

Debido a sus diferentes aplicaciones la RV es considerada de gran importancia porque permite la interacción, además de ser uno de los primeros esquemas para cambiar la forma de cómo la gente observa, debate y relaciona el conocimiento. En nuestros días el mercado de la RV está evolucionando rápidamente hacia el mundo de los sistemas comerciales, pues existen numerosas compañías que ofrecen los productos necesarios para integrar un Sistema de Realidad Virtual completo (periféricos de RV, tarjetas gráficas, sistemas de desarrollo para aplicaciones de RV, etc.) a un costo muchísimo menor que el habitual de hace un par de años.

La evolución de la Realidad Virtual se ha plasmado en la aparición de una gama amplia de productos comerciales y esto la hace más importante.

Es la tecnología informática que ha tributado a la solución de problemas de investigación y desarrollo. Es especialmente relevante en sus aplicaciones en el mundo de la medicina, la enseñanza, el arte, en ambientes técnicos entre otros. En la actualidad los desarrolladores de videojuegos tienen esta técnica como principal patrón para el enriquecimiento de esos espacios capaces de llevar al usuario a sentir que se encuentra inmerso en el mismo.

### 1.3- Realidad Aumentada

#### Concepto

La Realidad Aumentada es una tecnología donde los elementos reales conviven con los elementos virtuales, que sirven para aportar información adicional a los primeros. Esta tecnología es totalmente

innovadora, ligada a la Realidad Virtual, aunque diferente en varios aspectos , ya que la Realidad Virtual es inmersiva, que inhibe al usuario para poder ver el mundo real a su alrededor. En contraste con la RV, la RA completa la visión real del usuario, no la reemplaza por otra. Se define un sistema de Realidad Aumentada como aquél con las siguientes propiedades:

- ✓ Combina objetos reales y virtuales.
- ✓ Es interactivo y en tiempo real.
- ✓ Se alinean los objetos virtuales y reales unos con otros. [\[5\]](#)

Uno de los retos más importantes que se tiene a la hora de desarrollar proyectos de Realidad Aumentada es que los elementos visuales estén coordinados a la perfección con los objetos reales, puesto que un pequeño error de orientación puede provocar una desorganización perceptible entre los objetos virtuales y físicos. En zonas muy amplias los sensores de orientación usan magnetómetros, inclinómetros, sensores inerciales..., entre otros, que pueden verse afectados gravemente por campos magnéticos, y por lo tanto se ha de intentar reducir al máximo este efecto.



Figura 6 Imagen de ruina antigua



Figura 7 Reconstrucción sobre ruina antigua en Realidad Aumentada

### 1.3.1-Objetivos

La integración del mundo real con el entorno virtual es lo que trae como resultado la RA y esta tiene dentro de sus objetivos:

- ✓ Mejorar la interacción con el mundo real.
- ✓ Integrar el uso del ordenador en actividades cotidianas.
- ✓ Posibilitar el acceso a usuarios diversos y no especializados.
- ✓ Los objetos cotidianos se convierten en objetos interactivos.
- ✓ Trasladar el foco de atención del ordenador al mundo real. La información se traslada al mundo real, en lugar de introducir el mundo real en el ordenador (realidad virtual).
- ✓ Construir entornos interactivos que aumenten directamente los sentidos de un usuario con material generado por ordenador.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se está trabajando con las siguientes tecnologías:

- ✓ Visualizadores personales: Dispositivos que permiten ver a través de un casco para aumentar los sentidos visuales y auditivos de un usuario.
- ✓ Ordenadores corporales.
- ✓ Entornos aumentados.
- ✓ Interfaces de usuario tangibles.

- ✓ Integración del mundo real y el computacional.
- ✓ Combinación del medio ambiente con objetos que están cercanos a ser construidos o que existen en la realidad actual.
- ✓ Reconocimiento automático de la situación del usuario a través de diversas técnicas: tiempo, posición, objetos y códigos de barra.

### 1.3.2- Ejemplos de Aplicaciones

Con la investigación de esta tecnología se ha obtenido un gran paso de avance entre las diferentes ramas en que puede ser aplicada la Realidad Aumentada, esta ofrece infinidad de nuevas posibilidades de interacción, que hacen que esté presente en diferentes sectores, a continuación se explican algunos ejemplos de cómo puede ser aplicada esta tecnología en la arquitectura, el entretenimiento, la educación, el arte, la medicina o las comunidades virtuales.

Proyectos educativos: Actualmente la mayoría de las aplicaciones de RA para proyectos educativos se usan en museos, exhibiciones, parques de atracciones temáticos. Estos lugares aprovechan las conexiones inalámbricas, para mostrar información sobre objetos o lugares, así como imágenes virtuales como por ejemplo ruinas reconstruidas o paisajes tal y como eran en el pasado.

Entretenimiento: es comprensible que se esté apostando mucho por la Realidad Aumentada en este campo, puesto que ésta puede aportar nuevas posibilidades a la manera de jugar. Una de las puestas en escena más representativas de la RA es el "Can You See Me Now?" (¿Puedes verme ahora?) .

¿Puedes verme ahora? es un juego que se desarrolla simultáneamente en la red sobre las calles, jugadores de cualquier parte del mundo pueden jugar en línea en una ciudad virtual contra miembros de Blast Theory. La posición de los corredores de Blast Theory está siendo controlada por satélite. Aparecerán en el mapa virtual junto a tu jugador. Mientras se mueven por la ciudad real, los corredores llevan ordenadores de mano en los que pueden ver la posición de los jugadores online, permitiéndoles seguirles hasta que los atrapan.





Figura 8 Ejemplo del juego ¿Puedes verme ahora?

Además de ¿Puedes verme ahora? Existen otros juegos de Realidad Aumentada como es el caso del Quake, en él cual, los jugadores persiguen a los monstruos virtuales por las calles de la ciudad.



Figura 9 Equipado para jugar Quake



Figura 10 El mundo Quake en escenarios

Simulación: Se puede aplicar la Realidad Aumentada para simular vuelos y trayectos terrestres.

Servicios de emergencias y militares: En caso de emergencia la RA puede servir para mostrar instrucciones de evacuación de un lugar. En el campo militar, puede mostrar información de mapas, localización de los enemigos y explosivos.

Arquitectura: La RA es muy útil a la hora de resucitar virtualmente edificios históricos destruidos, así como proyectos de construcción que todavía están bajo plano.

Medicina: Se utiliza principalmente para la realización de cirugía de mínimo acceso. Para ello, se recogen datos del interior del paciente por medio de métodos no invasivos (resonancia magnética, tomografía axial, etc.) para realizar un modelo tridimensional del mismo. Posteriormente, el médico puede visualizar sobre una imagen en vivo del paciente su estructura interior y planificar la operación. La RA permite al médico “ver” dentro del paciente, sin la necesidad de realizar incisiones grandes (ver Figura 1). Otra aplicación dentro del quirófano sería la ayuda a la operación, presentando al cirujano los pasos a seguir sin necesidad de acudir a un manual, o la identificación de los órganos internos para evitar su daño durante la intervención.

Según esta variedad de aplicaciones de la Realidad Aumentada, sería de mucha utilidad para nuestra universidad que esta tecnología sea aplicada a los proyectos productivos, especialmente a los proyectos de la Facultad cinco que están vinculado a la Realidad Virtual.

### **1.3.3- Funcionalidad**

Para el funcionamiento de la Realidad Aumentada se han definido principalmente dos tipos de tecnología como es el caso de la óptica y la de video.

La tecnología óptica se basa en la utilización de visores montados en la cabeza que permiten la visión a través de ellos. Por el contrario, los visores cerrados no permiten ninguna visión del exterior y por lo tanto necesitan capturar de alguna manera el entorno, normalmente por medio de cámaras de video.

Los visores que permiten ver el exterior se basan en unos mezcladores ópticos que son parcialmente transparentes, por lo que el usuario puede ver a través de ellos y reflectantes, de tal forma que reflejan la imagen que les llega del monitor.

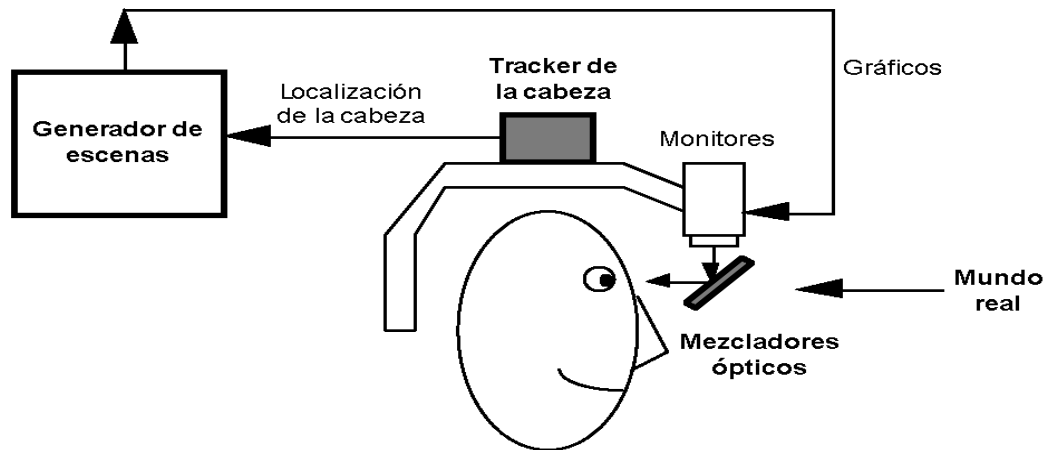


Figura 11 Esquema de la tecnología óptica en RA

En el caso de visores totalmente cerrados, el sistema contiene, además de los elementos anteriores, una o dos cámaras que se encargan de capturar la vista del mundo real que recibirá el usuario, como se puede ver en la Figura 6. De esta forma, el mezclador se encargará de integrar la imagen de video recibida por las cámaras y los gráficos sintéticos.

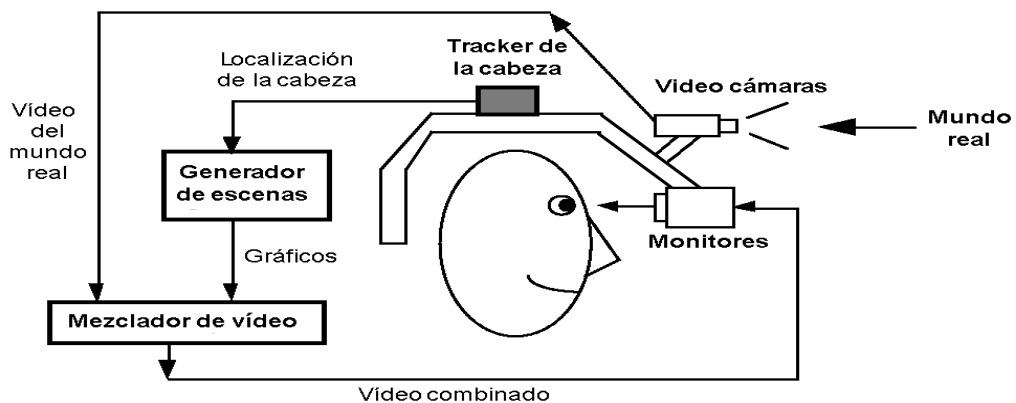


Figura 12 Esquema de la tecnología en RA

La RA también se puede implementar mediante un sistema basado en un monitor. En este caso, el usuario no debe llevar ningún dispositivo en la cabeza, sino que el resultado se muestra directamente en un monitor (Figura 7). Una variante sería la representación en estéreo, mediante técnicas de mezclado de las dos imágenes correspondientes a cada ojo en el monitor, siendo necesario entonces que el usuario utilice gafas de visión estereoscópica.

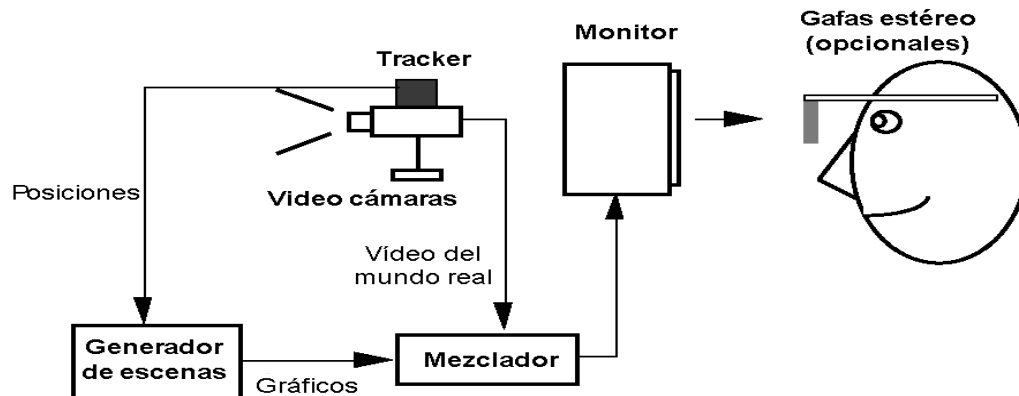


Figura 13 Realidad Aumentada sobre un monitor

Para el funcionamiento de esta tecnología normalmente se utilizan dispositivos de visualización que constan de unas gafas (headset) y un sistema de display para mostrar al usuario la información virtual que se añade a la real. El "headset" lleva incorporado sistemas de GPS, necesarios para poder localizar con precisión la posición del usuario. También incluye sistemas inerciales y ópticos que son capaces de medir características como son la aceleración, la orientación y el ángulo de inclinación.

Algunos de los sistemas de displays empleados son la pantalla óptica transparente (Optical See-through Display) y la pantalla de mezcla de imágenes (Video-mixed Display). Tanto uno como el otro usan imágenes virtuales que se muestran al usuario mezclado con la realidad o bien proyectado directamente en la pantalla. Además se puede utilizar un monitor conectado a una webcam la cual se encarga de captar el mundo real.

Para desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentadas una de las dificultades cruciales es el problema de rastrear el punto de vista del usuario.

Se utilizan algunas herramientas de diseño para dar solución a este problema como es el caso del D.A.R.T (Designer's Augmented Reality Toolkit) que es creado con el objetivo de ayudar a los diseñadores a visualizar la mezcla de los objetos reales y virtuales. Dentro del conjunto de estas herramientas están incorporadas unas paletas de comportamiento (acciones que un sistema informático tiene en respuesta a un estímulo) gracias a las cuales se puede seguir objetos marcados en un vídeo y reaccionar en tiempo real a señales de sensores, como por ejemplo cuando en un vídeo la cámara sigue los movimientos de una persona. EL D.A.R.T ofrece un marco de trabajo extensible del cual los diseñadores pueden apropiarse: así pues, cualquiera que esté desarrollando una nueva aplicación de Realidad Aumentada puede editar los comportamientos del D.A.R.T. con el fin de

adaptarlo a sus propias necesidades. Con la ayuda de estas herramientas se puede llegar a demostrar como es posible llevar la filmación de un conjunto de animaciones de objetos virtuales que serían incrustadas por un ordenador en tiempo real a un entorno existente. Además reconoce el rastreo de la posición y orientación de la cámara.

Un ejemplo de esta funcionalidad es que el observador pueda trabajar y examinar objetos 3D reales mientras recibe información adicional sobre estos objetos o sobre la tarea que se está realizando. De este modo, la RA permite al usuario permanecer en contacto con su entorno de trabajo, mientras su foco de atención no está en el ordenador, sino en el mundo real. El papel que juega el ordenador es el de asistir y mejorar las relaciones e interacciones entre las personas y el mundo real.

El desarrollo de la Realidad Aumentada utiliza sistemas de seguimiento basados en visión por computador que resultan más económicos y sencillos de implementar que los basados en sensores de hardware.

### **1.3.4- Importancia de la Realidad Aumentada**

La informática como otras tecnologías novedosas avanza a gran velocidad y trae consigo el descubrimiento de nuevas técnicas como es el caso de la Realidad Aumentada, que generalmente resulta ser novedosa para muchos sectores de la sociedad. En estos momentos es algo que incita a la investigación, sus aplicaciones resultan ser bastante abarcadoras en diversos campos, como es el caso de la educación, el turismo, el entretenimiento, la rehabilitación médica entre otros sectores.

A modo de conclusión se puede exponer que la Realidad Aumentada es de suma importancia, ya que es capaz de llevar al usuario a la alianza de estos dos entornos diferentes, lo real y lo virtual, que conforman un ambiente de intercambio capaz de desarrollar los sentidos de esta persona que está interactuando con el ordenador.

## **1.4- Animaciones**

La animación es aquella técnica para dar sensación de movimiento a imágenes o dibujos. Para realizar animación existen numerosas técnicas que van más allá de los familiares dibujos animados. Los cuadros se pueden generar dibujando, pintando, o fotografiando los minúsculos cambios hechos repetidamente a un modelo de la realidad o a un modelo tridimensional virtual; también es posible animar objetos de la realidad y actores.

Las animaciones surgieron antes de la llegada de las computadoras, estas se simulaban filmando secuencias dibujadas o pintadas manualmente sobre plástico o papel, denominados celuloides. Cada fotograma se creaba de forma independiente. Con el advenimiento de la computación surgen las animaciones informáticas utilizadas para crear efectos especiales y para simular imágenes imposibles de generar con otras técnicas. Es empleada en distintos campos como en la captura de datos científicos, de esta manera se ha utilizado para visualizar grandes cantidades de datos en el estudio de las interacciones de sistemas complejos, como la dinámica de fluidos, las colisiones de partículas, el desarrollo de tormentas y en los casos judiciales para la reconstrucción de accidentes.

Cuando hablamos de animaciones nos referimos al proceso donde cada imagen es una variación de la anterior, la impresión de movimiento de las imágenes se produce cuando estas son tratadas con una velocidad determinada. La animación computarizada (tanto la 2D como la 3D) es una ilusión óptica que describe el cambio de un estado a lo largo del tiempo.

En los Sistemas de Realidad Aumentada un rasgo importante es la animación de objetos virtuales en escenas reales, esta es necesaria para mostrar el movimiento de los objetos, los cuales pueden ser independientes o creados por la interacción del usuario u otros objetos.

### **1.4.1-¿Como funciona la animación?**

En la rama de la informática las animaciones son creadas mediante programas, fotograma a fotograma, que a continuación, se modifican y se reproducen. Cuando a estas se les quiere incorporar cambio de movimiento sin que estos se produzcan de una forma brusca se crean los fotogramas clave y se interpolan los fotogramas intermedios, lo que supone un considerable ahorro en el diseño. En las animaciones proyectadas en los juegos, los fotogramas son creados por las computadoras y se denominan animaciones en tiempo real. En el caso de ser creadas en modelos tridimensionales los objetos son representados mediante los siguientes métodos: mallas de alambre, caras o facetas y sólidos.

### **1.4.2- Principios de la animación**

Los principios para la animación fueron creados en los años 30 por animadores en los Estudios de Disney. Se trata de una serie de reglas básicas de animación que se utilizaron como base creativa y de producción de dibujos animados en aquella época. Estos principios ayudaron a que el oficio de la animación pasara de ser algo novedoso a ser una forma de arte. Fueron aplicados inicialmente a los

clásicos animados de Disney, como Blancanieves, en 1937, Pinocho y Fantasía, en el 40, Dumbo, en el 41 y Bambi, en 1942. [6]

Estos principios hoy siguen funcionando, ayudan a crear contextos más creíbles, proporcionan sensación de realidad. Para 3D estos principios se han tenido que reinterpretar y expandir, incluso se han tenido que añadir algunos principios adicionales que den soporte a los nuevos estilos y técnicas utilizados en la animación. Esto es porque en los años 30, el estilo dominante era la animación narrativa cartón pose a pose. Durante este tiempo, las técnicas y los estilos de la animación han cambiado enormemente. [7]

Las técnicas o procedimientos se basan en el conocimiento y la intuición que han tenido los animadores, de ciertos fenómenos descritos por la física y más concretamente, por la dinámica. La codificación de dichos procedimientos por parte de los dibujantes se ha debido más a la percepción sensorial que tenemos de esos fenómenos, como sujetos sometidos de la gravedad de La Tierra, que a la observación visual de los mismos. Si un espectador, en unos dibujos animados, contempla cómo un vehículo se estira y se encoge según la aceleración, lo percibirá como algo perfectamente comprensible aunque tal fenómeno no se observe en la realidad a simple vista. La explicación a lo anterior es que todo el mundo ha experimentado la inercia en su propio cuerpo al viajar en un vehículo. Por tanto, los animadores han puesto en imágenes unas percepciones cinéticas que todos hemos experimentado alguna vez, haciendo por medio de este artificio que la animación resulte, paradójicamente, más creíble. Vamos a describir a continuación algunos de estos principios de la animación. [8]

### **-Encoger y Estirar**

Se aplica para conseguir movimientos fluidos y sensación de elasticidad. Este principio consiste en la compresión y estiramiento del objeto animado sin que varíe su volumen aparente, pues con la deformación de los cuerpos flexibles se logran mejores efectos y si un objeto no mantiene su volumen durante una compresión o una extensión se perderá la credibilidad. Es decir, si una pelota se aplasta hasta la mitad de su tamaño normal, tendrá que ser dos veces más ancha para mantener su volumen. El estiramiento y la compresión están en función del peso y del material del que esté formado. Se trata de la estilización visual de un fenómeno físico: la inercia. Si un objeto está en estado de reposo y le imprimimos un movimiento, la tendencia del objeto será la de permanecer en el estado inicial reposo, por efecto del peso; si por el contrario se le intenta detener, la tendencia del objeto será la de



seguir en movimiento, con mayor fuerza cuanto mayor sea su peso. Los objetos aparentemente pesados y aparentemente formados por materia elástica deben evidenciar este fenómeno más claramente.

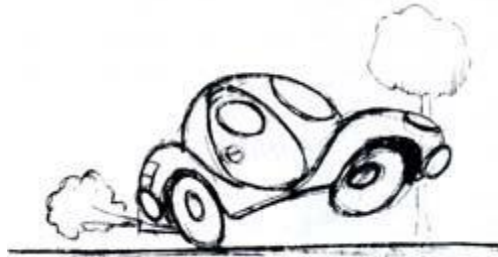


Figura 14 Imagen encogida

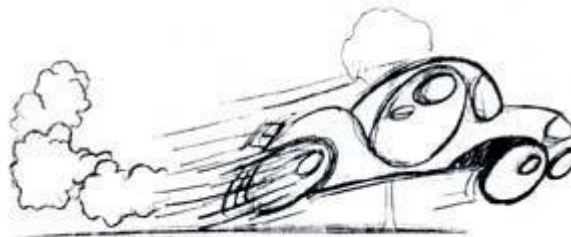


Figura 15 Imagen estirada

## -Anticipación

Con este principio se anticipan los movimientos, esto guía la mirada del espectador. Anuncia sorpresa. Se verán tres pasos: Anticipación (nos prepara para la acción); la acción en sí misma y la reacción (recuperación, término de la acción).

Podemos considerar que toda acción esta constituida por tres elementos: Introducción, desarrollo y conclusión. La anticipación es la introducción o preparación de la acción principal y sirve para hacerla más comprensible al espectador. Un personaje dirige primeramente la mirada a un objeto que luego va a coger: la mirada hacia el objeto sería la anticipación de la acción principal de coger algo. Una anticipación puede ser más sutil si nos referimos a un movimiento concreto: supongamos que un vehículo arranca para correr a toda velocidad. La práctica habitual del animador es hacer un pequeño retroceso del vehículo, apenas perceptible, para luego marchar en la dirección deseada. Si



observamos, el término anticipación puede estar referido a un movimiento o ser un concepto de puesta en escena, en cuyo caso, estaríamos muy próximos a considerar la anticipación como algo similar a una acción secundaria previa a la principal. [9]



Figura 16 Ejemplo de anticipación

## **-Exageración**

Se aplica para llamar la atención sobre los elementos más importantes, pues permite acentuar una acción, este principio debe ser utilizado de forma cuidadosa y equilibrada, no arbitrariamente. Es necesario encontrar el objetivo deseado de una acción o secuencia y qué partes necesitan ser exageradas. Se pueden exagerar movimientos, por ejemplo un brazo se puede mover un poquito más lejos, brevemente, en una posición extrema. Una pose puede ser exagerada o quizás el personaje se inclina sólo un poco más de lo normal. Generalmente cuando se anima con un diálogo, se escucha el sonido y se resaltan puntos donde éste parece tener más tensión o importancia, después, se tienden a exagerar poses o movimientos que coincidan con esos puntos concretos. La clave es tomar algo y hacerlo más extremo con el objetivo de dotarlo de más vida, pero no tanto que destruya la credibilidad.

## **-Solapamiento y continuación de las acciones**

El solapamiento consiste en comenzar la siguiente acción antes de terminar la anterior (por ejemplo, para abrir una puerta, el personaje al acercarse va estirando la mano antes de llegar). La continuación es el movimiento final que se produce como consecuencia de una acción, este principio se utiliza para lograr que los objetos no se detengan bruscamente, sino que continúen más allá de su posición final a pesar de que la acción principal se haya detenido. (por ejemplo: al golpear una pelota con una raqueta, esta continúa su movimiento por inercia mucho después de haber golpeado a la pelota).

## **-Atractivo**

El atractivo se puede conseguir con una correcta utilización de otros principios como la prolongación, la exageración o en el diseño, evitando la rigidez y la simetría, utilizando la acción superpuesta y otros. Se puede crear el personaje más increíble, pero si no se anima correctamente, es trabajo perdido y lo mismo ocurre con un personaje simple. Todos hemos visto en la red las maravillas que se pueden hacer con esferas o figuras de líneas.

## **-Arcos**

Al utilizar los arcos para animar los movimientos del personaje le estaremos dando una apariencia natural, ya que la mayoría de las criaturas vivientes se mueven en trayectorias curvas, nunca en líneas perfectamente rectas.

## **-Acción Secundaria**

Pequeños movimientos que complementan a la acción dominante, la acción principal va acompañada de las acciones secundarias que son consecuencia o están claramente ligadas a ésta, y que suelen estar ligeramente desfasadas respecto de la principal. Son resultantes de la acción principal. La acción secundaria no debe estar más marcada que la acción principal.

## **-Sentido del Tiempo (Timing)**

Es la velocidad que tarda una acción en desarrollarse. Influye en la apariencia de peso que tiene el objeto animado. Si a un objeto le aplicamos timings diferentes parecerá que tiene pesos diferentes. En general para un objeto pesado el timing será más lento. [\[10\]](#)

### **1.4.3- Importancia de las animaciones**

Las animaciones son de mucha importancia ya que desde su surgimiento se han utilizado para mejorar ambientes estáticos. Estas brindan una capacidad de expresión, que admite proyectar mucho más que en múltiples palabras. Pueden ser llevadas a distintas esferas de la sociedad para enriquecer estos entornos. Sus proyecciones mediante gráficos pueden ser consideradas una forma de dar vida a las escenas y son capaces de brindar una simulación de movimiento.

#### **1.4.4- Utilidad de las animaciones en entornos virtuales**

Las animaciones son impactantes ya que inundan de sensaciones al usuario. En el mundo de la informática gráfica estas son estudiadas con sistematicidad para su perfeccionamiento y a así su aporte a los entornos virtuales sea cada vez mayor. Su uso en la Realidad Virtual juega un papel fundamental, ya que a través de los gráficos se logra sintetizar cualquier expresión de los desarrolladores.

En la Realidad Virtual, el auténtico salto en cuanto a animación digital es un paso más en la paulatina incorporación de la realidad al mundo de las representaciones, las animaciones son muy utilizadas en los mundos virtuales debido a su gran importancia ya que se realizan con el objetivo de lograr mayor realismo en las escenas. El modelado gráfico por ordenador en los campos de la animación y realidad virtual ha avanzado de manera extraordinaria en la última década logrando un sin número de ventajas y adelantos en las industrias, un ejemplo fehaciente es como ha ido revolucionando la forma de hacer cine, juegos interactivos y multimedia.

#### **1.4.5- Las animaciones en la Realidad Aumentada**

La combinación de la realidad virtual con el entorno real es lo que trae consigo esta novedosa tecnología que constituye un salto en el conocimiento, es el caso de la Realidad Aumentada. Las animaciones sumadas a esta técnica traen ese efecto incalculable que observamos en las películas. En el mundo de la cinematografía las animaciones son un aporte extraordinario ya que le brindan un gran nivel de realismo. En esta rama se aplican las técnicas de animación por ordenador combinadas a la Realidad Aumentada y se logran visualizar efectos como los que se pueden observar en los animados infantiles.

Algo completamente novedoso surgido de esta combinación es el libro electrónico: "El libro electrónico es una tecnología emergente que contiene todo tipo de información multimedia virtual y que permite almacenar cientos de volúmenes y tomar apuntes, mientras que la realidad aumentada es un sistema que ofrece modelos virtuales en tres dimensiones como si estuviesen pegados a las páginas del mismo, y contiene además animaciones, sonidos, vídeos o imágenes". [\[11\]](#)



Figura 17 Imagen de El libro electrónico

### 1.4.6-Transiciones de Animaciones

Cuando se quiere generar movimiento y no se cuenta con las animaciones correctas, es necesario convertir estas animaciones en las que realmente necesitamos, para lograr esto se pueden utilizar algunas técnicas que permiten hacerle modificaciones a dichas animaciones con el objetivo de obtener las deseadas, teniendo en cuenta que a estas se le pueden hacer transformaciones por separado. Para que estas animaciones se puedan reutilizar y no sean específicas para un solo modelo, puedan tener un orden variable y además sean más cortas entre otras necesidades se utilizan las transiciones. Esta técnica se aplica con el propósito de lograr con pequeñas animaciones grandes secuencias enlazando en tiempo real las anteriores, además de que permite cambiar las animaciones cada vez que sea necesario. Igualmente existen muchos Sistemas de Realidad Virtual que implementan grafos de secuencias de animación los cuales determinan a qué animaciones de las que le siguen se puede cambiar después de la que se está manejando.

### 1.4.7- Interpolación de Animaciones

La interpolación es un procedimiento que se utiliza en muchas ramas de la informática con el propósito de obtener valores intermedios de cualquier tipo.

Es utilizada en las animaciones, para dar mayor fluidez y dinamismo en los movimientos, ya que se puede suavizar el cambio de la posición o rotación de los objetos.

Es importante destacar que existen diferentes métodos de interpolación en dependencia de los datos que se tengan y los resultados que se esperan.

Finalmente como resultado de combinar la transición de las animaciones con la interpolación de estas se obtienen transiciones suavizadas ya que de esta forma no ocurren saltos aunque la animación que se está produciendo no termine igual a como comienza la animación a la que se le haga la transición. Para reproducir consecutivamente dos animaciones de otra forma, se haría necesario tener todas las combinaciones intermedias entre ambas animaciones. Es importante destacar que para evitar el salto no es necesario que los fotogramas coincidan, pues para comenzar una animación no es preciso llegar al final de la anterior.

## **1.5- Importancia de aplicar interpolación**

Cuando se define interpolación esta lleva implícito la velocidad y su derivada la aceleración. Para desarrollar una buena animación es muy importante aplicar de forma correcta la interpolación para producir el movimiento que aporta mayor o menor nivel de realismo. Estos métodos son aplicados con el objetivo de obtener valores intermedios, o sea, partiendo del conocimiento de un conjunto de puntos dados se pueden obtener nuevos puntos, mediante ecuaciones matemáticas.

La interpolación es un método científico lógico el cual se convierte en reglas que utilizamos para llegar a una nueva conclusión ya que consiste en suponer que el curso de los acontecimientos continuará en el futuro, pues en las animaciones esto permite tener solo los estados o posturas (en animación de personas o animales) esenciales para obtener el resto. Por todo esto se considera que aplicar los métodos de interpolación es de suma importancia para el trabajo con las animaciones.

## **1.6- Interacción**

Para realizar el diseño de una interacción no se deben tener en cuenta solamente aquellos objetos que forman parte del ambiente visual, es muy importante considerar todos los elementos que conforman el flujo de este sistema. Para llevar un control exacto de los cambios que se ejecutan a causa de este incidente, se debe modelar de forma adecuada el conjunto de eventos de acción y reacción en el que estarán vinculado cada uno de los objetos por separado.

El término interacción da la sensación de intercambio.

En muchas ocasiones el intercambio está dado por la comunicación del hombre con la máquina a través de los eventos del teclado o por el manejo del mouse. En otros momentos es una simple interacción entre las personas que se comunican a diario en el ambiente real, o una interacción definida entre objetos virtuales que intercambian a través de sus comportamientos en el entorno en que han sido definidos.

Finalmente se puede definir como interacción la acción recíproca entre dos o más objetos ya sean reales o virtuales con una o más propiedades homólogas. Cuando se produce este evento se origina un cambio en el estado del objeto, que serviría como indicador del instante en que fue ocasionada.

## Consideraciones del capítulo

En este capítulo quedan expuestos algunos conceptos útiles para un mejor entendimiento de la investigación, por lo que se explica en que consiste la Realidad Aumentada y en que campos puede ser aplicada, mostrando algunas imágenes de dichas aplicaciones, así como contenidos afines con el funcionamiento de esta tecnología, además de elementos relacionados con las animaciones, dentro de los cuales se explica en que consiste cada uno de sus principios y se aborda la importancia de aplicar la interpolación a las secuencias de animaciones. Por último se expresa en que consiste el término interacción.

## **CAPÍTULO 2: SOLUCIONES TÉCNICAS.**

### **Introducción**

En este capítulo se hará referencia a algunos conceptos relacionados con los métodos de interpolación que pueden ser aplicados para lograr una mayor fluidez en los cambios de movimiento incluidos en una secuencia de animación.

Seguidamente serán enumerados un conjunto de conceptos referentes a los distintos tipos de animación, los cuales serán de gran utilidad para el desarrollo de nuestra investigación, además se clasificarán algunas técnicas que aportan facilidad al diseño de estas animaciones.

Más adelante se tocarán algunos aspectos relativos a las herramientas que pueden ser empleadas para mostrar la Realidad Aumentada, como también mencionamos algunos de los formatos que son capaces de exportar animaciones.



## 2.1- Interpolación

Para que ocurran adecuadamente las transiciones en las animaciones es necesario aplicar métodos de interpolación, ya que estos hacen que las escenas sean más reales aportando mayor fluidez a las animaciones.

La interpolación consiste en hallar un dato dentro de un intervalo en el que conocemos los valores de los extremos. [\[12\]](#)

Existen varios tipos de interpolación, una buena aplicación de estos sería una herramienta de trabajo muy útil para lograr el perfeccionamiento en los cambios de las secuencias de animaciones. Los fabricantes de programas de procesamiento de imagen procuran resaltar siempre la calidad de sus procesos de interpolación.

Básicamente, existen tres procedimientos de interpolación:

- ✓ Interpolación por aproximación o por vecindad, basado en promediar los valores de los 2 puntos vecinos.
- ✓ Interpolación bilineal, que se basa en hacer el promedio de los 4 puntos vecinos.
- ✓ Interpolación bicúbica, basado en promediar teniendo en cuenta los valores de los 16 puntos vecinos. [\[13\]](#)

### 2.1.1- Métodos de interpolación

#### Interpolación Lineal

La interpolación lineal crea una velocidad de cambio uniforme entre los fotogramas claves, que pueden agregar un aspecto rítmico o mecánico a las animaciones. Este método interpola los valores entre dos fotogramas claves adyacentes de la forma más directa posible sin tener en cuenta los valores de otros fotogramas claves.

Si se aplica la interpolación lineal a todos los fotogramas claves, el cambio comienza inmediatamente en el primero de ellos y continúa con el siguiente a una velocidad constante. En el segundo fotograma clave, la velocidad de cambio varía de forma inmediata a la velocidad entre éste y el próximo. Cuando se alcanza el valor del fotograma clave final, el cambio se detiene al instante. [\[14\]](#)

## Interpolación Spline

La interpolación Spline se puede utilizar para lograr efectos de control del tiempo más realistas. Dado que las animaciones se utilizan muy frecuentemente para imitar efectos que se producen en el mundo real, los programadores pueden necesitar un control preciso de la aceleración y la desaceleración de los objetos, así como una manipulación estrecha de los segmentos de tiempo.

Este método es muy utilizado en los problemas de interpolación, ya que se obtienen resultados satisfactorios que requieren solamente el uso de polinomios de bajo grado, los Spline son utilizados para el ajuste de curvas. En el mundo de los gráficos por computadoras los Spline tienen mucha popularidad para la representación de curvas en el terreno debido a la simplicidad de la representación y la facilidad de cómputo de estos.

### 2.1.2-Transformaciones geométricas

Las transformaciones geométricas están regidas por ejes de coordenadas y cuando estamos en presencia de un entorno tridimensional estas se realizan en los tres ejes  $(x, y, z)$ , son utilizadas con el objetivo de transformar algunos estados en los objetos a los que sean aplicados, puede ser su rotación, traslación y escala.

### Transformaciones mediante Quaternion

Un Quaternion es una forma alternativa de representar rotaciones a través de cualquier eje. Comparados con las rotaciones de matrices presenta algunas ventajas, por ejemplo: concatenar Quaternion exige menos operaciones, requieren de menos espacio de almacenamiento y son más fáciles de interpolar.

Estos pueden ser representados de la forma  $q = \{w, x, y, z\} = w + xi + yj + zk$

O también de la siguiente forma  $q = s + v$  donde  $s$  es un escalar que representa la componente  $w$  de  $q$  y  $v$  es el vector correspondiente a  $x, y$  y  $z$  que representa su parte imaginaria. [\[15\]](#)

## 2.2-Tipos de Animación

El diseño de la animación ha ido alcanzando su máxima expresión en los últimos años. Desde sus inicios se han tenido en cuenta ciertos aspectos para obtener diseños con mayor nivel de realismo. Estas pueden ser de diferentes tipos, según su origen, forma de realización o producto final que se desea.

### Animación Clásica.

Genera la secuencia de imágenes por métodos pictóricos, lo que entendemos por una imagen "dibujada", formada por píxeles cuya coloración se asigna por mecanismos sencillos guiados de forma manual (por ejemplo, sistemas de relleno automático). Las imágenes deben generarse una por una, aunque esta tarea suele distribuirse en varios niveles; separando el dibujo de los fondos (que usualmente no cambian de un fotograma a otro) y las tareas de interpolación y coloreado de cada imagen. [\[16\]](#)

### Animación fotograma a fotograma.

El reto más importante de la animación fotograma por fotograma es controlar de forma precisa el movimiento de un fotograma al siguiente. Estos se van generando a partir de una especificación previa y se van almacenando en ficheros. El tiempo de cómputo de cada fotograma puede oscilar entre pocos segundos y varias horas lo que influye en la calidad y complejidad de las animaciones finales. [\[17\]](#)



Figura 18 Ejemplo de un fotograma

## **Animación por ordenador.**

Crea las imágenes por un proceso automático a partir de una especificación o modelado de los objetos que forman parte de la escena y de su movimiento. Este modelo de objetos puede ser bidimensional, con lo cual el resultado se parece más a la animación clásica, o puede basarse en técnicas de representación 3D, donde pueden aplicarse métodos realistas. La animación por ordenadores permite representar objetos que evolucionan a lo largo del tiempo; los cuales en el tiempo cambian su posición, rotación, forma, textura e iluminación. [\[18\]](#)

## **Animación en tiempo real.**

A través de este tipo de animación se van generando los fotogramas en la medida que son necesarios, los va calculando uno a uno y luego los muestra. Esta animación en tiempo real está muy ligada a la animación por ordenadores, ya que entre más rápido son los generadores, más complejos serían los algoritmos de generación de imágenes.

Con el avance de la tecnología, el desarrollo de la Realidad Aumentada a tenido un gran aporte y principalmente cuando se vinculan animaciones a los objetos virtuales en un entorno real, con el objetivo de aportar mayor realismo a estas escenas. Estas animaciones pueden ser clasificadas según la forma en que fueron creadas. [\[19\]](#)

## **2.3- Técnicas de Animación**

Para la realización de animaciones se aplican disímiles técnicas, las cuales pueden estar combinadas o relacionadas entre sí. Estas pueden resultar muy diversas y difíciles de clasificar, pero aun así son muy aplicadas por los animadores.

En las animaciones los cuadros se pueden generar dibujando, pintando, o fotografiando los minúsculos cambios hechos repetidamente a un modelo de la realidad o a un modelo tridimensional virtual; también es posible animar objetos de la realidad y actores.

### **-Stop-motion.**

Stop-motion es una técnica de animación que consiste en aparentar el movimiento de objetos estáticos capturando fotografías. En general se denominan animaciones de stop-motion a las que no entran en

la categoría de dibujo animado, esto quiere decir, que no fueron dibujadas ni pintadas, sino que fueron creadas tomando imágenes de la realidad. [\[20\]](#)

Hay dos grandes grupos de animaciones stop-motion: La animación de plastilina (o cualquier material maleable) y la animación de objetos rígidos.

### **Ventajas:**

- ✓ Las figuras se van transformando en el progreso de la animación.
- ✓ Convierten la fotografía en imagen en movimiento sin ser vídeo.

### **-Pixilación.**

Es una variante del stop-motion, en la que los objetos animados son auténticos objetos comunes (no modelos ni maquetas), e incluso personas. Al igual que en cualquier otra forma de animación, estos objetos son fotografiados repetidas veces y desplazados ligeramente entre cada fotografía.

### **-Animación de recortes.**

Es la técnica en que se usan figuras recortadas, ya sean de papel o incluso fotografías. Los cuerpos de los personajes se construyen con los recortes de sus partes, moviendo y reemplazando dichos recortes, se obtienen diversas poses y de esta forma se da vida a los mismos. Esto significa que cuando se mueve un personaje no se vuelve a dibujar por completo, sino las partes móviles y luego se montan. Así se estudia previamente la animación y se determina que partes no van a realizar movimientos parciales y se dibujan y se animan por separado.

### **Ventajas:**

- ✓ Su ventaja principal es la facilidad de uso.
- ✓ Realiza la retroalimentación en tiempo real.

### **-Rotoscopia**

La Rotoscopia se utiliza principalmente para capturar el movimiento humano realista mediante el dibujo sobre películas con actores reales. Al principio cada fotograma era proyectado a través de una mesa

de luces usando un espejo, y la imagen era calcada y luego transferida a una transparencia. En la Rotoscopia clásica, se combinaban la animación dibujada y la película en vivo. [21]

Con la llegada de la tecnología por ordenador como herramientas gráficas, el proceso de crear animación usando Rotoscopia fue más sencillo. Aunque algunos lo consideran como un timo, sigue siendo una forma válida de crear una acción realista con un sentido artístico. [22]

### **Ventajas:**

- ✓ Se pueden incluir objetos 3D sin que se produzcan cambios en la secuencia.
- ✓ Aporta una esencia de surrealismo a las películas.

### **-Animación por capas.**

Los objetos se dibujan en acetatos transparentes. El fondo se dibuja en otro acetato. Las escenas se crean superponiendo capas.

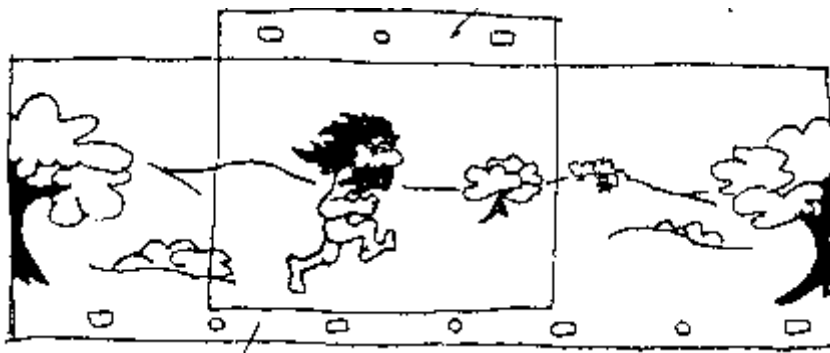


Figura 19 Ejemplo de animación por capas

### **Ventajas**

- ✓ Permite reutilizar trabajo ya realizado.
- ✓ Facilita el diseño de la animación.

### **-Animación Capturada.**

Con esta técnica los valores de los parámetros se obtienen desde el exterior, mediante la conexión de dispositivos electromagnéticos, mecánicos y ópticos. Los electromagnéticos emplean sensores conectados directamente a una computadora y sistemas de control electrónico, para rastrear el

movimiento, en el caso de los mecánicos se emplean hardware adicionales como guantes y diferentes estructuras que son colocadas en el cuerpo del actor, y así son rastreados los movimientos del cuerpo por el hardware, por ultimo para los visuales existen dos tecnologías principales, los sistemas reflectivos (pasivos) y los diodos que emiten luz (activos). Que se encargan de capturar los valores y posteriormente aplicarlos a los parámetros de las entidades. Es muy utilizada en los videojuegos y Realidad Virtual. [\[23\]](#)



Figura 20 Ejemplo de animación capturada

### **Ventajas:**

- ✓ Captación de movimientos secundarios, lo cual aporta mayor realismo.
- ✓ Libertad de movimiento para los actores.
- ✓ No necesita condiciones especiales de luz o espacio.
- ✓ Reduce el tiempo y costo para generar animaciones.

### **-Animación Procedural.**

Consiste en describir el movimiento de forma algorítmica. Hay una serie de reglas que controlan cómo se van modificando los distintos parámetros (como la posición o la forma) a lo largo del tiempo. Para movimientos sencillos (un péndulo o una rueda que gira) es una buena solución, pero para movimientos más complejos (una persona caminando, o una moneda que cae al suelo), se hace difícil conseguir buenos resultados. Hay algunas técnicas con resultados interesantes, como los sistemas de partículas o la simulación de movimientos grupales. [\[24\]](#)

Con esta técnica se generan animaciones basadas en simulaciones que a su vez están hechas en tiempo real, esta técnica es una evolución de la forma tradicional, en donde se tienen animaciones prediseñadas, pero se mezclan y complementan con las animaciones generadas dinámicamente en base a cálculos de simulación física.

## Ventajas

- ✓ Los valores de los parámetros son generados por un programa.
- ✓ Se implementan modelos de leyes físicas, lo que le aporta gran realismo.

## -Fotograma Clave.

Es la técnica que permite producir animaciones sin tener que dibujar cada fotograma por separado, utilizando la interpolación para calcular y representar los pasos intermedios en la variación de la posición, tamaño, rotación y efecto entre dos fotogramas claves.

Esta técnica se utiliza para definir parámetros en el movimiento, efectos, audio y otras muchas propiedades, que por lo general, se cambian con el paso del tiempo. Un fotograma clave marca el punto en el que se especifica un valor, por ejemplo, la posición en el espacio, la iluminación o el volumen de audio.

Si se utilizan fotogramas claves para crear un cambio a lo largo del tiempo, debe utilizar como mínimo dos de ellos: uno para el estado al comienzo del cambio y otro para el nuevo estado al final del cambio.



Figura 21 Ejemplo de Fotogramas claves



## Ventajas

- ✓ No hay que crear manualmente todos y cada uno de los fotogramas de la animación.
- ✓ Permite controlar el método de interpolación de una animación.
- ✓ Existen fotogramas claves que admiten, incluso, varios métodos de interpolación.

En el diseño de una animación influyen innumerables aspectos que se deben tener en cuenta cuando se tiene la necesidad de alcanzar un buen producto final. Las animaciones que sean realizadas con una u otra técnica, tienen la capacidad de enriquecer y aportar dinamismo al medio en que se encuentran. En los entornos de Realidad Virtual y de Realidad Aumentada estas no dejan de jugar su papel, es por eso que los diseñadores de juegos virtuales tratan de realizar sus mejores aportes al mundo del diseño de animaciones.

### 2.3.1- Importancia de las técnicas de animación

En el mundo de las animaciones se utilizan numerosas técnicas que van más allá de los conocidos dibujos animados, estas son utilizadas con el objetivo de enriquecer las escenas, por lo que se hace de vital importancia conocer de estas técnicas para aplicarlas de forma correcta en dependencia de las características que se quieran tener en el resultado final.

### 2.4- Comportamiento en mundos virtuales

El término comportamiento se refiere a la modificación del estado de los objetos dentro de un escenario virtual, en respuesta a alguna acción del usuario o al cambio de algún otro objeto en la escena. Este cambio de estado ocurre cuando cambia alguno de los atributos del objeto, por ejemplo la posición (translación), el tamaño (escala), la orientación (rotación) o su apariencia.

El comportamiento puede ser tan sencillo como cuando son provocados por cualquier evento del mouse o teclado, o tan complejo como el cálculo para controlar una animación aplicando métodos de interpolación.

### **2.4.1- Interacción entre objetos virtuales**

Cuando se va a crear un mundo interactivo es muy importante definir el espacio donde van a tener lugar los intercambios, así como el conjunto de propiedades que forman parte de la estructura de los objetos inmersos en este entorno.

En presencia de un ambiente interactivo siempre se está a la expectativa del surgimiento de un incidente que pueda influir en el cambio del estado de los objetos. Hay varios eventos que pueden dar muestra de que está ocurriendo una interacción, puede ser el caso de una colisión o una aproximación entre ellos.

Si la interacción es provocada mediante el evento de colisión, sería por la causa de una aproximación total entre los objetos. Este evento puede estar clasificado de dos tipos, puede ser una colisión elástica o inelástica.

La interacción mediante un evento de aproximación sería la causa de un cálculo de aproximación determinado entre ambos objetos. Cuando estos lleguen a las coordenadas planteadas deben mostrar un cambio en su estado.

### **2.4.2- Interacción entre animaciones en un ambiente virtual**

La interacción en un ambiente virtual puede estar dada por la acción de un usuario que a través de los trajes sensoriales, cascos y guantes entre otros dispositivos que puedan transformar tanto la posición como cualquier otra propiedad de este mundo simulado.

Como se ha ido detallando en el documento las animaciones aportan realismo a cualquier entorno al que sean incorporadas y puede resultar muy interesante una interacción entre objetos animados, que bien definido el ambiente donde se van a desarrollar se logra como objetivo final provocar que estas tengan una reacción que señale que ha ocurrido la interacción.

Estos ambientes virtuales no solo son atractivos por los resultados que se observan, sino también por la forma en que se propone el intercambio de información. Puede definirse que la interacción entre objetos que poseen una secuencia de animaciones ocurre de la siguiente forma: las animaciones de un objeto van a estar limitadas por los cambios en la secuencia del otro objeto.

### **2.4.3- Interacción en un entorno de Realidad Aumentada**

En los entornos de Realidad Aumentada la interacción puede ser apreciada entre objetos reales y virtuales, para esto debe existir una sincronización perfecta entre ambos objetos dentro de la realidad percibida por el usuario para generar una sensación de inmersión. Esto implica que los sistemas necesitan descripciones detalladas del ambiente real para poder adaptarse y simular su presencia en este.

## **2.5- Herramientas**

Existen diferentes herramientas que facilitan la inserción de imágenes virtuales dentro del mundo real. Entre ellas cabe señalar las bibliotecas ARToolkit, OSGART y la aplicación Mr.Planet, que utilizan patrones para determinar la posición en la que se desea insertar el objeto virtual. Estos patrones son cuadrados con un borde negro que contienen una figura en su interior.

### **2.5.1- AR Toolkit.**

ARToolkit es una biblioteca en lenguaje C y C++ que les facilita a los programadores desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada. Para ello proporciona una serie de funciones para la captura de vídeo y para la búsqueda de ciertos patrones, mediante técnicas de visión por computador. También proporciona una serie de ejemplos y utilidades de gran ayuda al programador que quiera realizar este tipo de aplicaciones.

Para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada algo muy importante y difícil es calcular el punto de vista del usuario en tiempo real, con el objetivo de que las imágenes virtuales sean exactamente alineadas con objetos del mundo real. La biblioteca ARToolkit proporciona técnicas que facilitan calcular la posición exacta entre la cámara y los patrones de marca, para así darle la posibilidad al programador de posicionar el objeto virtual encima de este marcador.

### **2.5.2- OSGART**

Es una biblioteca de C++ que ofrece la posibilidad de crear fácilmente aplicaciones de RA mediante la combinación de ARToolKit y OpenSceneGraph. Con ella se pretende mejorar el desarrollo de la Realidad-Mezclada, posibilitando la integración de vídeo. Dispone de tres funciones principales: alto nivel de integración de entrada de vídeo (vídeo objeto, shaders), soporte de múltiples marcadores

basados en características físicas o tecnologías de seguimiento (marcador basado en múltiples rastreadores) y el registro fotométrico, basado en técnicas para el renderizado de sombras y oclusión.

## Características

- ✓ Soporta el renderizado de sombras.
- ✓ Soporta varias entradas de video. [\[25\]](#)

### 2.5.3- Mr.Planet

Mr.Planet es una aplicación de Realidad Aumentada con un diálogo sencillo con el usuario. El usuario es capaz de relacionar modelos 3D realizados con una herramienta de diseño (AutoCad, 3D Studio, entre otros) con una gran variedad de patrones de Realidad Aumentada. La herramienta permite modificar el escalado, rotar el modelo y trasladarlo en relación al patrón con un sencillo menú de opciones. Se incluye en la aplicación un sistema multipatrón que permite relacionar un mismo modelo 3D a varios patrones de tal forma que el modelo se dibujaría en su posición con tal solo verse un patrón de su lista. Por otro lado, cada patrón puede tener relacionados varios modelos y al poder trasladarse se podrá dibujar en sitios separados. [\[26\]](#)

Mr.Planet se sirve de las bibliotecas de OGRE para dibujar las imágenes tridimensionales en el mundo de la RA, le permite que no dependa del sistema operativo, ni subsistema de diseño gráfico (render), brindándole las opciones de DirectX y OpenGL. [\[27\]](#)

## 2.6- Formatos

Desde los primeros momentos en que se comenzó el diseño para la Realidad Virtual se han utilizado distintos formatos para almacenar objetos 3D con diferentes complejidades en cuanto al diseño y que son utilizados por el usuario de acuerdo a sus necesidades. Algunos de estos formatos de fichero son capaces de almacenar objetos que incluyen animaciones.

### 2.6.1- VRML

Lenguaje de modelado de Realidad Virtual (VRM), es un formato de archivo para el dibujado de objetos dentro de un sistema de Realidad Virtual, estos pueden ser importados y exportados desde y hacia herramientas de computación gráfica.

Es un formato de archivo para objetos 3D que es compatible con una amplia gama de funcionalidades destinadas a la computación gráfica. No solo es interpretado por las herramientas más importantes del mercado como son 3D Studio Max y Maya 3D, si no que también es interpretado por la mayoría de los buscadores de Internet (siempre y cuando tengan la instalación del plugin). Esto también implica que es un archivo de fácil comprensión, lo cual lleva a una facilidad de uso asociada. Posee una arquitectura liviana, es multiplataforma.

Su desempeño y compatibilidad hacen que este lenguaje sea uno de los más reconocidos y utilizados en el campo de la Realidad Virtual. Como características importantes para su uso tiene: la transmisión de datos 3D y el soporte de animaciones, ya que es posible generarlas a un entorno navegable.

## Ventajas

- ✓ Es soportado por un gran número de herramientas y software.
- ✓ Es un estándar ampliamente aceptado para la presentación de entornos tridimensionales en tiempo real.
- ✓ Permite simular comportamientos complejos, incluyendo animaciones, movimientos basados en la física e interacción en tiempo real.
- ✓ Una de las grandes posibilidades que tiene VRML es que aparte de ser un lenguaje de modelado es un formato en el que se pueden exportar objetos dibujados en el 3D Studio Max.

## Desventaja

- ✓ Gran dependencia de los buscadores o plugins.
- ✓ Limite de tamaño de archivo.

### 2.6.2- 3Ds

Creado originalmente para 3d Studio Max. Es un fichero que como formato de almacenamiento usa la forma de binario y presenta una estructura muy completa. El fichero 3ds no sólo está dividido en pequeños bloques, sino que cada bloque está dividido en sub-bloques y lo mejor de todo es que no tiene que existir un orden en el fichero, por ello es que a simple vista es muy difícil entender su estructura.

**Ventajas:**

- ✓ Es un formato que optimiza el tamaño de los ficheros debido a su forma binaria.
- ✓ Exporta escenas completas, es decir que un mismo fichero puede contener varias mallas.

**Desventajas:**

- ✓ No muestra un orden en los bloques de datos.
- ✓ La estructura que muestra es compleja y difícil de cargar.

**2.7- Herramienta de diseño**

3D Studio Max es una aplicación basada en el entorno Windows (9x/NT) que permite crear tanto modelados, como animaciones en tres dimensiones (3D) a partir de una serie de vistas o visores. La utilización de 3D Studio Max permite al usuario la fácil visualización y representación de los modelos, permitiendo además exportar y salvar a varios formatos aun siendo estos diferentes de los que trae la herramienta por defecto. Además de esta aplicación, existen muchas otras con los mismos fines, como pueden ser, por ejemplo, Maya, LightWave, etc.

El 3D Studio Max es un programa de animación muy utilizado en el mundo entero, posee una arquitectura abierta, es bastante sencillo de aprender y cuenta con muchísimas potencialidades, lo que hace que sea utilizado en infinidad de ámbitos como son: video, cine, medicina, publicidad, juegos, televisión y artes escénicas entre otros. Las distintas prestaciones del 3ds Max permiten la realización de todo tipo de diseños y animaciones tridimensionales proporcionando al usuario una sencilla representación de los modelos y animaciones. [\[28\]](#)

**2.8- Librería Gráfica**

Los gráficos 3D se han convertido en algo muy popular, al punto que se han creado APIs (Interfaz de Aplicaciones de Programación) especializadas para facilitar los procesos en todas las etapas de la generación de gráficos por computadora.

### 2.8.1-DirectX:

Es una colección de APIs(es el conjunto de funciones y procedimientos que ofrece cierta librería para ser utilizado por otro software como una capa de abstracción) creadas para facilitar tareas relacionadas con la programación de juegos en la plataforma Microsoft Windows. [\[29\]](#)

#### Ventajas

- ✓ Acceso directo al hardware: Especialmente importante en el caso de la tarjeta de video.
- ✓ Rapidez: DirectX permite obtener todo el rendimiento posible del hardware, inclusive, aprovechando mejoras en el hardware que podrían aparecer, después de construir la aplicación.
- ✓ Facilidad: Tareas como configurar el tipo de video, la profundidad de colores, la reproducción de sonido, la compatibilidad con el hardware existente, resultan tarea más sencillas trabajando con DirectX en Windows, que en la época que se trabajaba bajo DOS. [\[30\]](#)

#### Desventajas

- ✓ Es bastante complejo.
- ✓ No es portable.

### 2.8.2- OpenGL

OpenGL es una biblioteca de funciones gráficas, su trabajo es gestionar la generación de gráficos en 2D y 3D, permite el desarrollo de extensiones y modificaciones a través de una sencilla API, gracias a esta permisividad es una herramienta esencial en muchos aspectos y es utilizada por la industria cinematográfica para hacer películas de animación como es el caso de Shrek y efectos especiales.

Es la mejor solución gráfica debido a ser multiplataforma, su sencillez de uso. Es una librería con una documentación robusta lo que permite que los inexpertos puedan aprender y consultar con facilidad su uso. OpenGL trae un visor que permite visualizar imágenes provenientes de un formato de archivo VRML. Cumple con la funcionalidad de mezcla de imágenes y renderizado de estas.

Entre los propósitos principales de OpenGL se encuentra:

- ✓ Ocultar la complejidad de la interfaz con las diferentes tarjetas gráficas, presentando al programador una API única y uniforme. [\[31\]](#)

## **Ventajas**

- ✓ Portable a cualquier Sistema Operativo.
- ✓ Es de código abierto.
- ✓ Es estándar, no está controlado por una sola compañía. Existen implementaciones libres por lo que es posible adaptar estas implementaciones a plataformas nuevas que no lo tengan.

## **Desventajas**

- ✓ Sólo tiene funciones para gráficos 3D. Para el resto de cosas necesitarás usar otras bibliotecas



## CONSIDERACIONES DEL CAPÍTULO

En el desarrollo de este capítulo inicialmente se hace una breve explicación sobre los métodos de interpolación y se mencionan dos de ellos el de Spline y el Lineal utilizando los Cuaternios. A continuación se exponen los tipos de animación, se explican algunas de estas técnicas, indagándose sobre las ventajas y desventajas de cada una de ellas. También se explica en que consiste la interacción de objetos virtuales y de que forma estos pueden interactuar. Finalmente se mencionan algunas de las herramientas que se utilizan para mostrar los trabajos que se realizan en la realidad aumentada, así como algunos formatos con sus ventajas y desventajas, capaces de exportar animaciones hacia estas herramientas, además se mencionan dos librerías gráficas con las ventajas y desventajas correspondientes a cada una de ellas y se describe brevemente la herramienta de diseño 3DMax.

## **CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN.**

### **Introducción**

En el desarrollo de este capítulo se caracteriza de forma detallada la técnica de animación, formato y herramienta seleccionada para desarrollar la propuesta de solución. Se relacionan en un modelo de domino los conceptos más importantes para un mejor entendimiento de la propuesta que le da cumplimiento al objetivo trazado en la investigación.

### 3.1- Técnica de animación seleccionada

Después de haber analizado varias técnicas que definen algunos aspectos relacionados con la línea a seguir para realizar el diseño de las animaciones, se optó por la de **Fotograma Clave**, la cual permite la definición de parámetros para la simulación de movimiento. Con esta, se logra el manejo de animaciones predefinidas de forma que se permita transitar de una animación a otra, brindando la posibilidad de que los objetos reproduzcan distintas animaciones mientras son visualizados. De esta forma los objetos podrán representar distintos comportamientos según se desee, haciéndose estos cambios en tiempo real.

La técnica de Fotogramas Claves se clasifica dentro de las animaciones generadas por ordenador, este tipo de animación, permite crear escenas 3D e introducirle movimiento a las mismas, basándose en una unidad llamada frame (marco o fotograma) que no es más que cada imagen estática que forma la secuencia animada.

### 3.2- Herramienta a utilizar

Para fundamentar esta investigación fue realizado un estudio referente a las diferentes herramientas que son capaces de combinar entornos reales con objetos virtuales, para de esta forma dar paso a la visualización de la Realidad Aumentada. Finalmente de acuerdo a las características que poseen las herramientas enunciadas en el capítulo anterior, para dar cumplimiento al objetivo de esta investigación se optó por la biblioteca ARToolKit.

Esta biblioteca fue construida para desarrollar aplicaciones en C y C++. Funciona mediante patrones de marca (Figura ), es decir, carga imágenes que ya eran reconocidas por la herramienta, siendo posible realizar el posicionamiento del objetos 3D sobre la imagen reconocida.



Figura 22 Imagen de un patrón

Basado en lo anteriormente expuesto a continuación se explica detalladamente el funcionamiento básico de una aplicación de ARToolkit.

- ✓ Primero se captura un fotograma del mundo real mediante la cámara.
- ✓ A continuación la imagen se umbraliza con cierto valor del umbral, de forma que los píxeles cuya intensidad supere el valor del umbral son transformados en píxeles de color negro. El resto se transforman en píxeles blancos.
- ✓ Se buscan hasta encontrar todos los marcos negros como los de la plantilla existentes en la imagen (en realidad al umbralizar la imagen el marco aparece blanco y el cuadrado blanco aparece negro).
- ✓ Se compara el interior del marco con las plantillas de las que se tiene información almacenada.
- ✓ Si la forma de la plantilla analizada y la plantilla almacenada coincide, se utiliza la información de la plantilla almacenada para compararla con la plantilla que se ha detectado y así poder calcular la posición y orientación de la cámara a la plantilla, y se guarda en una matriz.

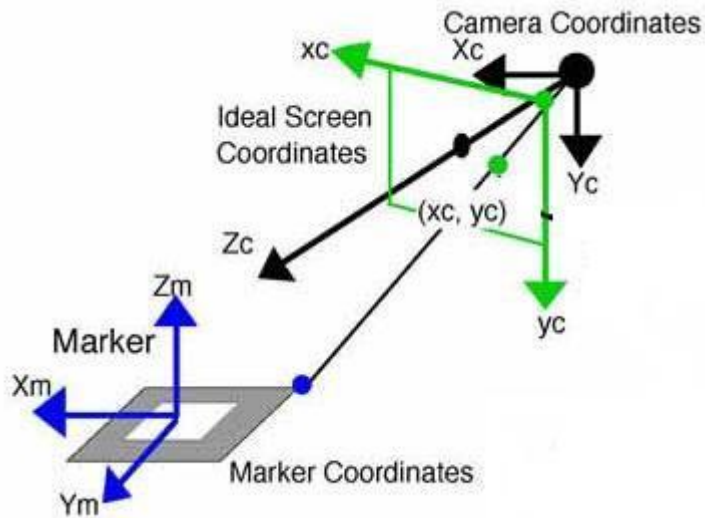


Figura 23 Cálculo de coordenadas entre la cámara y el marcador

- ✓ Se utiliza esta matriz para establecer la posición y orientación de la cámara virtual (transformación de la vista), lo que equivale a una transformación de las coordenadas del objeto a dibujar.
- ✓ Al haber puesto la cámara virtual en la misma posición y orientación que la cámara real, el objeto virtual se dibuja sobre la plantilla, se dibuja y se muestra la imagen resultante, que contiene la imagen del mundo real y el objeto virtual superpuesto, alineado sobre la plantilla.
- ✓ Se realiza el mismo proceso con los siguientes fotogramas. [\[32\]](#)

La visualización de este funcionamiento se ejemplifica en la siguiente imagen.



Figura 24 Pasos del algoritmo de posicionamiento en ARToolkit

La ventaja de utilizar esta herramienta para desarrollar aplicaciones de Realidad Aumentada está explicada en las siguientes características:

- ✓ Es una herramienta simple para crear aplicaciones de Realidad Aumentada en tiempo real.
- ✓ Es una biblioteca multiplataforma para (Windows, Linux, Max OS x, SGI).
- ✓ Superpone objetos virtuales en marcadores reales utilizando algoritmos de visión por computador.
- ✓ Realiza un rastreo acelerado y de bajo costo para la detección de los marcadores en tiempo real.
- ✓ Un acelerado dibujado basado en OpenGL
- ✓ Soporte de objetos 3D en formato VRML.
- ✓ Es un API simple y modular en C.
- ✓ Brinda una colección de ejemplos y utilidades.

Cuando se van a realizar aplicaciones con ARToolkit se deben seguir los siguientes pasos.

Pasos de ARToolkit	Funciones correspondientes a cada paso
1-Inicialización de la aplicación	1-Init
2-Captura el marco de entrada de video	2-ArVideoGetImage
3-Reconoce los patrones de la entrada de video	3-ArDetectMarker
4-Calcula la transformación de la cámara	4-ArGetTransMat
5-Dibuja el objeto virtual	5-draw
6-Cierra la captura de video	6-cleanup

Tabla 1: Llamadas de funciones y código correspondientes a cada paso de las aplicaciones ARToolkit

### 3.3- Formato seleccionado

VRML es un formato de fichero para describir objetos 3D interactivos con efectos de iluminación, texturas, detección de colisiones, etc. Diseñado especialmente para ser usado a través de Internet o un cliente local.

Se propone utilizar para desarrollar la investigación, el formato VRML (Lenguaje de modelado de Realidad Virtual), ya que este es capaz de dar comportamiento a objetos virtuales y asignarle distintas animaciones, ya sea realizar cambios en el tamaño de la figura o en el color. Permite la visualización de estructuras en tres dimensiones de forma muy sencilla y compacta. Es un estándar abierto no está limitado a ninguna aplicación o plataforma.

Este lenguaje no se limita a la descripción de escenas estáticas, sino que puede utilizarse además para describir mundos dinámicos en los que el observador puede interactuar con los objetos que ve. VRML además brinda la posibilidad de mapear los modelos con imágenes reales, logrando de esta forma que estos sean más creíbles.

Este formato de ficheros tiene características que son muy importantes para trabajar en el mundo de las animaciones, ya que a través de este se puede controlar el comportamiento de los objetos mediante eventos, es decir su geometría y movimiento. Presenta una estructura basada en nodos que conectándose unos con otros pueden intercambiar información y de esta forma surge un evento que consiste en la generación de un mensaje y su envío de un nodo a otro. Gracias a esta estructura se le puede controlar la animación a un objeto, es decir, orientarle cómo y cuando va a realizar sus movimientos.

El control del comportamiento de un objeto en un formato VRML puede resultar simple o complejo. El comportamiento simple es aquel en el cual los cambios en el estado de los objetos dependen exclusivamente de eventos internos generados por nodos descritos dentro del programa VRML, sin la intervención de ningún lenguaje ajeno a VRML. Se puede decir que éste tipo de comportamiento es propio de VRML.

La propagación de los eventos se realiza enrutando o dirigiendo los eventos de un nodo a otro(s). De esta forma un solo evento puede generar lo que se conoce como "cascada de eventos", la cual va generando respuestas o cambios en los nodos a los que se va dirigiendo. [\[33\]](#)

Comportamiento complejo en un mundo VRML, es aquel en el cual los cambios en el estado de los objetos dependen de un programa escrito en un lenguaje ajeno a VRML.

Los cambios dinámicos en la escena pueden ser estimulados por las acciones programadas en un script, esto brinda la posibilidad de interacción con otros lenguajes y para ello se emplea el nodo script.

### **3.4- Método de Interpolación**

Para realizar la interpolación entre los fotogramas claves se propone aplicar transformaciones mediante quaternion, ya que son considerados de suma importancia en el suavizado del movimiento para el desarrollo de las animaciones y se propone que sean interpolados a través del método de interpolación lineal, por la facilidad de cambio que esta brinda entre dos fotogramas claves. Aplicando esta combinación para la interpolación entre fotogramas se lograra mayor nivel de realismo en la transición de movimiento de los mismos.



### 3.5- Librería gráfica seleccionada

Según los análisis realizados para desarrollar una demostración de la validez de esta investigación fueron estudiadas un conjunto de API para realizar el dibujado de los objetos y finalmente fue seleccionado OpenGL, de esta forma se garantiza el acceso a una amplia documentación, la utilización de estándares e implementaciones libres y por consiguiente adaptables a múltiples plataformas.

### 3.6- Modelo de Dominio

El modelo de dominio(o modelo conceptual) es una representación visual de los conceptos más importantes relacionados con la realización de la interacción de una secuencia de animaciones en la Realidad Aumentada.

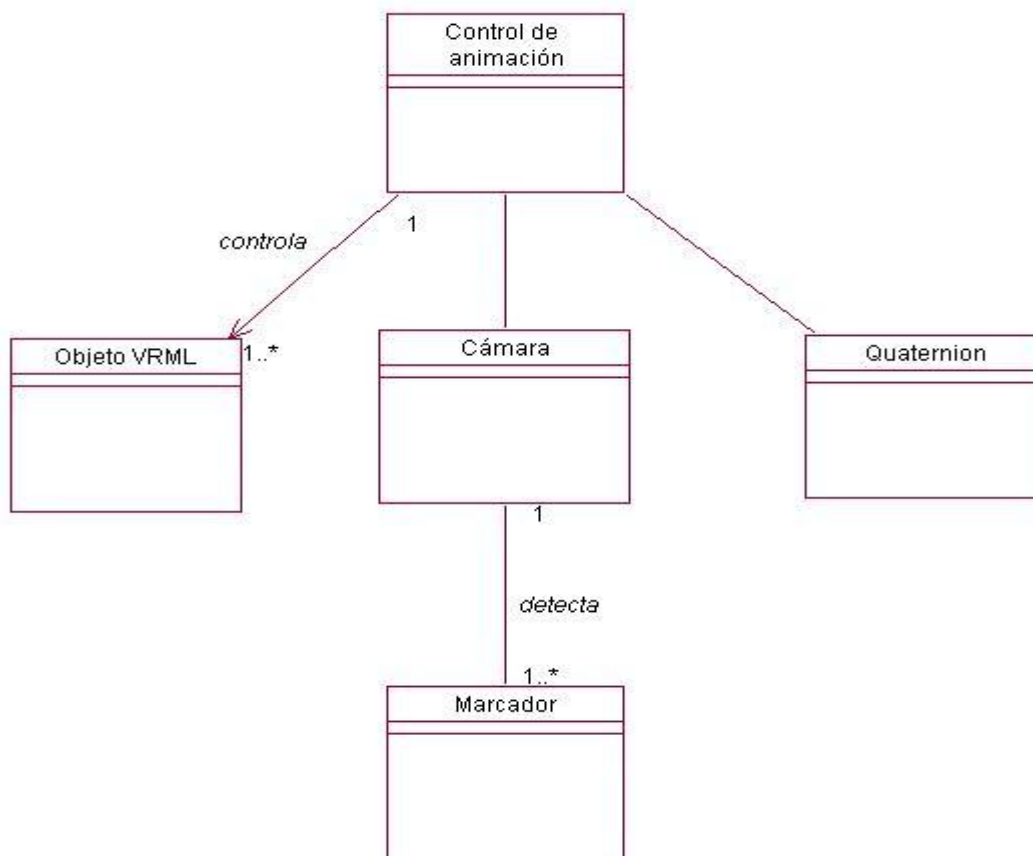


Figura 25 Modelo de Dominio

Para que se entienda de una forma más detallada en que consiste cada uno de los términos que conforman el modelo de dominio, a continuación se explica brevemente cada uno de los conceptos relacionados.

**Marcador:** Son las plantillas de orientación que utiliza la biblioteca ARToolkit que son consideradas la parte que parece ser mágica del desarrollo de esta aplicación. Tienen una forma cuadrada con un marco de color negro que contiene un cuadrado blanco en su interior y un pequeño dibujo negro dentro de este. Esta plantilla es lo que se reconoce en las aplicaciones de Realidad Aumentada como patrones de marca, las cuales contienen un identificador, tamaño y las coordenadas del centro, todos estos atributos sirven para su correcta identificación.

**Objeto VRML:** Es una estructura que contiene un grupo de atributos, donde se almacena información que permite controlar los objetos VRML en la escena virtual tales como: nombre, visibilidad, coordenadas del marcador, transformaciones de orientación y traslación del objeto en la escena e identificador del marcador, identificador del objeto VRML, el cuál es obtenido de cargar objetos que son exportados en formato VRML desde cualquier programa como 3D Studio Max en una extensión *wrl*.

**Cámara:** Se utiliza para capturar la imagen del entorno real que es enviada a la computadora, a partir de ese momento la aplicación comienza la búsqueda de patrones en el marco de video capturado. Se realiza un proceso donde la imagen es convertida a una escala de grises y detecta los cuadrados que haya en cada imagen y los compara con los identificadores que guarda en su memoria. Esta realiza una percepción de tamaño, posición y orientación de este marcador.

**Quaternion:** Se utiliza para hacer transformaciones en los objetos ya sean de rotación, traslación o escala y se aplica a la interpolación lineal para hacer mas creíbles las transiciones de una animación a otra.

**Control de animación:** Es donde va a estar enmarcada una de las funciones más importantes para la realización de la propuesta, aquí se controla el comportamiento de las animaciones que llevan implícitas cada objeto, a partir de la aplicación de los métodos de interpolación con los modelos matemático que se aplicarían con el objetivo de suavizar las transiciones de sus animaciones.

Además debe tener definida toda la información de los nodos, para poder acceder a cada uno de sus campos y definir el manejo de los eventos para controlara las animaciones.

Es aquí donde se relacionan los parámetros capturados por la cámara sobre la posición, tamaño y orientación del patrón para hacer coincidir el objeto virtual sobre la plantilla detectada de acuerdo a la forma en que el programador decida que se produzca esta ubicación.

### **3.7- Descripción del funcionamiento básico de una aplicación ARToolkit**

Para realizar la descripción de la propuesta de solución basada en la investigación se tendrá en cuenta el funcionamiento de la biblioteca ARToolkit, la cual trae un conjunto de funcionalidades que le permiten al usuario adaptarla de acuerdo a sus necesidades.

Primeramente deben quedar detalladas las funcionalidades básicas para el uso de ARToolkit, las cuales fueron mencionadas (en la Tabla 1). Estas se basan en 6 pasos que deben seguirse obligatoriamente cuando se va a reutilizar su código principal, a continuación se va a describir de forma más específica el objetivo de cada una de estas funciones.

#### **1- *Init ()***

Esta función indica la inicialización de la aplicación, contiene el código necesario para comenzar la captura de video y la lectura de los parámetros iniciales de la aplicación.

Entre los principales parámetros de cualquier aplicación ARToolkit están:

- ✓ Los patrones de marca, que se utilizan con el objetivo de que los objetos virtuales sean superpuestos al patrón correspondiente.
- ✓ Las características de la cámara de video usada.

En el fichero **camera\_para.dat** se guardan por defecto los parámetros iniciales de la cámara y en el fichero **object\_data** es donde se guardan el patrón y el objeto VRML.

#### **2- *ArVideoGetImage ()***

Es la función usada para comenzar la captura de video, desde ese momento la imagen es exhibida en pantalla.

#### **3- *ArDetectMarker ()***

Esta función se utiliza para buscar en la imagen de video registrada, si el patrón detectado es el correcto de acuerdo con el que se guarda en memoria.

```
/* Detecta los marcadores en el marco de vídeo */
```

```
if ( arDetectMarker(dataPtr, thresh, &marker_info, &marker_num) < 0 ) {  
cleanup();  
exit(0);  
}
```

El número de marcadores encontrados es guardado en la variable **marker\_num**, mientras **marker\_info** es un puntero a una lista de informaciones de la estructuras del marcador, con los valores de confianza de reconocimiento y el identificador del objeto de cada uno de los marcadores.

Después son comparados todos los valores de confianza de los marcadores detectados, para así asociar el número del marcador con el valor de confianza más elevado, estas comparaciones se realizan de la siguiente forma:

```
/*Se busca el valor de confianza mas alto*/
```

```
for( j = 0; j < marker_num; j++ )  
{  
if( object[i].id == marker_info[j].id )  
{  
if( k == -1 ) k = j;  
else  
{  
if( marker_info[k].cf < marker_info[j].cf ) k = j;  
}  
}  
}
```

#### 4- *ArGetTransMat ()*

Es para calcular la transformación entre los patrones de marca encontrados y la cámara.

```
/* Obtener la transformación entre el marcador y la cámara */  
  
if( arGetTransMat(&marker_info[k],  
object_center, object[i].marker_width, object[i].trans) < 0 )  
{  
object[i].visible = 0;  
}  
else {  
object[i].visible = 1;  
}
```

La posición de orientación entre la cámara y el marcador está contenida en la matriz de transformación para cada objeto.

#### 5- *draw()*

Esta función es utilizada para dibujar el objeto virtual superpuesto al patrón que haya sido rastreado. La función de dibujado y los códigos asociados a los gráficos OpenGL están contenidos en el archivo **draw\_object.c**. En esta función la matriz de transformación del objeto, es convertida a un arreglo de dieciséis valores usando la función *argConvGpara*, seguidamente estos valores son pasados a la función que dibuja el objeto.

Estos dieciséis valores corresponden a la posición y orientación de la cámara real, una vez que ella sea ubicada se utilizan estos cálculos para dar la orientación de la cámara virtual y de esta forma lograr que el objeto virtual aparezca alineado con el marcador que ha sido detectado.

Todos los pasos mencionados anteriormente se ejecutan en forma de ciclo mientras no ocurra un evento entrado por teclado o mouse.

## 6- *cleanup*

Finalmente se realiza un llamado al código que finalizará la captura de video, el cual se encargara de cerrar la ventana de video y de la limpieza total, para desarrollar después otras aplicaciones.

### 3.8- Descripción de la propuesta de solución

Para concluir la presente investigación se propone realizar una interacción entre dos objetos que tengan implícita una secuencia de animaciones, estos objetos deben ser modelos VRML que pueden ser diseñados en 3D Studio Max, el procedimiento de estos objetos va a estar determinado por una interacción donde el comportamiento de un objeto este afectado por el comportamiento de otro.

Estos modelos VRML brindan la posibilidad de utilizar y combinar objetos 3D dinámicos dentro de un mundo virtual, son modelos representados en forma de grafo, donde existe una estructura jerárquica basada en nodos que pueden estar formados por otros nodos y a su vez están divididos por campos que describen algunas de sus propiedades y determinan algunas características de los objetos, cada campo contiene un tipo de dato, estos son utilizados para modificar valores en la escena. Se debe tener en cuenta que los campos traen valores predefinidos, por lo que se debe especificar con exactitud cada una de las variaciones necesarias.

En ocasiones un nodo esta contenido dentro de otro nodo por lo que puede ser considerado como un campo, esta situación la presentan los nodos agrupadores. Un nodo agrupador sirve para que varios objetos compartan unas mismas propiedades, por ejemplo: transformaciones geométricas, comportamientos, color o textura, etc.

Para la realización de esta propuesta es necesario tener en cuenta la estructura de los siguientes nodos, de acuerdo a sus variaciones pueden estar dados los distintos comportamientos de los objetos.

**Nodo Shape:** El nodo Shape introduce objetos visibles dentro de nuestro mundo. Posee dos campos: *appearance* y *geometry*.

*Appearance:* define el aspecto del objeto.

*Geometry:* define la forma del objeto.

**Nodo Script:** Con este nodo se pueden escribir pequeños programas e interfaces en el mundo VRML. Es usado para programar el comportamiento de una escena.

**Nodo Timesensor:** Este nodo no detecta la interacción con el usuario pero envía mensajes a intervalos regulares. Puede ser utilizado para generar animaciones.

**Route:** Un route es una conexión entre un campo de salida de un nodo y un campo de entrada de otro.

**Nodo Transform:** Se utiliza para especificar la localización, orientación y tamaño de objetos en la aplicación virtual. Este puede ser considerado como un nodo agrupador.

A continuación se definen algunos campos de este nodo:

**Rotation:** Contiene cuatro parámetros. Las rotaciones se definen por un vector y por un ángulo de giro, el primero de ellos es el ángulo de rotación, y de los tres siguientes el que tenga un 1 será sobre el que se aplique la rotación. Si no se indica nada más, los objetos giran alrededor de su centro.

**Scale:** Sirve para cambiar de tamaño a los objetos. Podemos hacerlos más grandes o más pequeños, reescalando respecto a cada eje (es decir, multiplicando el tamaño del objeto por un factor respecto a cada eje).

**Translation:** Permite trasladar el objeto en los ejes x, y, z. Contiene tres números que indican la traslación sobre cada uno de los ejes.

En VRML los comportamientos están dados por eventos, que no son más que el envío de mensajes de un nodo a otro, lo cual estimula el cambio de los campos de un nodo determinado, estos pueden formar ciclos, es decir una secuencia de eventos entre nodos. Se originan cuando la interacción o el movimiento de un objeto "dispara" otra interacción o evento en el fichero de escenas, permitiendo de esta forma dotar de interactividad los objetos que constituyen la escena. Estos mensajes se generan cuando ha cambiado algún valor en los campos de un nodo, por ejemplo que el usuario ha oprimido un botón del mouse, que ha transcurrido el tiempo etc.

Los eventos pueden estar determinados de diferentes formas:

**Eventos en cascada:** Secuencia de eventos inicializados por un script o sensor y propagados de un nodo a otro a lo largo de una ruta.

**Evento de entrada:** Receptor lógico atado a un nodo, el cual recibe el evento.

**Evento de salida:** Emisor lógico atado a un nodo desde el cual se envía el evento.

Para el manejo de eventos en VRML es necesario que los nodos tengan declarados las variables de tipo "eventOut" y "eventIn", la primera indicaría que cada vez que le sea modificado algún valor al nodo este emita un evento indicando las transformaciones, es decir, este sería un evento de salida y la segunda es un estructura que el nodo debe definir para la entrada de eventos. Estas variables finalmente son unidas mediante el uso de la instrucción ROUTE que es la encargada de enlazar los nodos, todo el intercambio de eventos entre nodos será demostrado mediante transformaciones en la escena. Cuando un campo recibe un evento su valor cambia de acuerdo al valor que fue generado por el evento de salida.

En la siguiente figura se muestra como se activa el proceso de comunicación en el VRML.



Figura 26 Procesos de eventos en VRML

Algunos nodos tienen campos que son *exposed* (expuestos). Lo que indicaría que el nodo tiene dos eventos definidos para ese campo, **set\_nombredecampo** y **nombredecampo\_changed**, estos pueden usarse para cambiar su valor y notificar al mundo externo el momento en que han sido cambiados, es decir que si se usa **set\_nombredecampo** para cambiar el valor del campo del evento el nodo generará un **nombredecampo\_changed**. Si un campo no es expuesto, no puede intercambiar eventos, y el valor en el archivo será el mismo para todo momento.

En esta investigación las secuencias de animaciones que conforman la escena VRML se consideran animaciones complejas, para controlar su comportamiento se propone utilizar los nodos Script, ya que estos contienen programas escritos en otros lenguajes de programación que facilitan la asignación de comportamientos complejo.

Estos comportamientos van a estar determinados por algunos cálculos matemáticos con el objetivo de facilitar las transiciones de movimiento, para ello se propone aplicar el método de interpolación lineal combinado a las transformaciones por quaternion. Con la interpolación lineal se logra un cambio uniforme entre los fotogramas claves ya que una vez que le sea aplicado este método a todos lo



fotogramas, se van realizando los cambios a una velocidad constante desde el primero hasta el último y el segmento que se obtiene de la conexión entre los valores extremos es la representación de una recta. Las transformaciones mediante Quaternion proporcionan como resultado multiplicaciones más rápidas que las matrices, se consideran aplicaciones muy importantes para obtener rotaciones suavizadas. Esta combinación se propone con el objetivo de mejorar los cambios de un movimiento a otro y que se perciba un mayor realismo en la interacción de los objetos en la escena.

En el VRML cuando las escenas están formadas por comportamientos complejos se efectúa la combinación de este lenguaje con otro lenguaje de programación para facilitar las transformaciones en la escena, para ello es importante tener en cuenta la estructura de los nodos que conforman la estructura de los objetos.

En el desarrollo de las animaciones los nodos interpoladores son considerados de suma importancia. Se utilizan para cambiar determinados valores según el transcurso del tiempo, estos nodos están definidos por seis valores diferentes que son usados de acuerdo a las necesidades de transformaciones requeridas. Están especificados de la siguiente forma: color, normalidad coordinada, orientación, la posición y el escalar.

Todos los interpoladores tienen dos nodos que deben ser especificados, los Key (claves) y los KeyValues (valores claves). Los Key constan de una lista de dos o más números que comienzan con 0 y terminan con 1, definen como será la trayectoria de la animación, cada uno de estos elementos debe ser complementado por los KeyValues los cuales definen los valores que deben ser cambiados.

Para realizar algunos cambios en los campos cada determinado tiempo se utiliza el nodo **TimeSensor**, el cual realiza una interpolación lineal entre los valores claves. Cuando se necesita notificar a un interpolador de algún cambio de tiempo es necesario una ruta para relacionar ambos nodos, estos envían eventos *fraction\_changed* de forma regular, los cuales van dirigidos a los *eventIn set fraction* de un interpolador para ser llevados de forma correcta al ciclo de la interpolación, de esta forma si se define un TimeSensor con un ciclo de diez intervalos se estaría indicando que el interpolador pasaría por cada clave cada diez segundos.

Cada vez que un interpolador recibe un eventIn, genera un eventOut con el valor interpolado conveniente que puede dirigirse a algún campo del tipo apropiado para cambiar su valor. Así, la cadena de la animación global para un interpolador puede ser representado como se muestra en la figura 27.

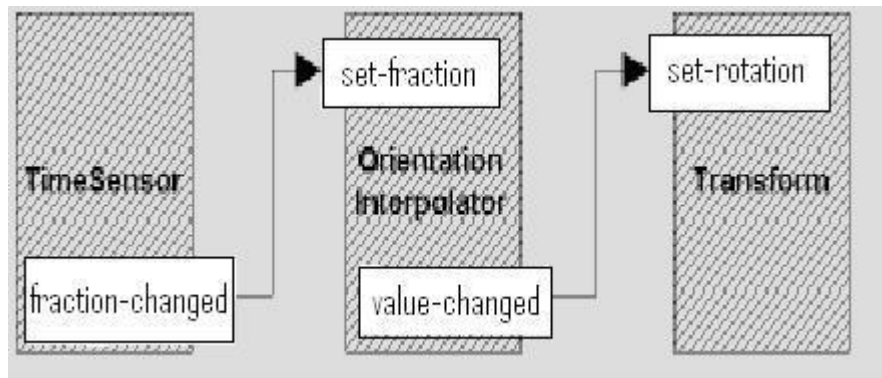


Figura 27 Cadena de la animación global para un interpolador

Los nodos interpoladores permiten especificar los fotogramas claves de las animaciones, lo que llevaría a obtener una información concisa y simple de la misma.

Finalmente se propone como estrategia de comunicación entre los mundos VRML y un ambiente externo la realización de una **Interfaz de Comunicación Externa** con el objetivo de acceder mediante el lenguaje de programación orientado a objetos C++ a los nodos de la escena virtual VRML usando el modelo de eventos existentes en la misma.

Esta interfaz debe permitir:

- ✓ El envío de eventos a los *eventIn* dentro del mundo virtual.
- ✓ Lectura de los valores enviados por los *eventOut* de los nodos dentro del mundo virtual.
- ✓ Obtención de la notificación de cuando los eventos son enviados por los *eventOut* de los nodos dentro del mundo virtual.

El acceso a los nodos es uno de los aspectos más importantes para esta estrategia de comunicación, con el objetivo de obtener referencias a los *eventIn* y *eventOut* de los nodos accedidos y a un *exposedField* (campos que pueden enviar eventos a *eventIn* y a *exposedField* de otros nodos y también aceptan eventos dirigidos a ellos) que también pueden ser accedidos usando los modificadores *set* y *changed*. El modificador *set* permite establecer valores en los campos de los nodos, mientras que *changed* me permite saber los valores que están siendo modificados en los campos.

Otro aspecto considerado de suma importancia es la lectura de valores de los *eventOut*, donde debe ser leído el último valor enviado por el *eventOut* en el ambiente virtual. Cuando se va a realizar este

proceso se propone efectuar un casting ya que el tipo de dato leído es igual al del campo *eventOut* y de esta forma se obtendría el formato correcto de acuerdo al lenguaje.

Seguidamente debe estar la notificación de cambios en los *eventOut*. Es un registro que se le hace al nodo que contiene dicho *eventOut*, durante este período el ambiente externo debe recibir dos datos, el valor del evento y la notificación. Con la notificación se debe identificar cual de los nodos es el que ha enviado el evento, y de esa manera poder procesar correctamente el valor del evento.

Una vez realizada la interfaz de comunicación entre el VRML y un ambiente externo, con el objetivo de llevar a cabo el control de las animaciones mediante el manejo de eventos y de esta forma lograr una interacción entre una secuencia de animaciones, donde los comportamientos de un objeto animado van estar determinados por los comportamientos del otro, debido a los eventos de entrada y salida que le sean definidos a cada uno de ellos. Se propone reutilizar las funciones de la biblioteca ARToolkit mencionadas anteriormente y relacionarlas con las estructuras definidas a VRML para visualizar la interacción entre las secuencias de animaciones en la Realidad Aumentada.

## CONSIDERACIONES DEL CAPITULO

En este capítulo es donde se hace la propuesta de solución y para ello se ha escogido la técnica de animación por fotograma clave para los objetos diseñados en 3D, los cuales serán exportados en un formato VRML con el objetivo de que puedan ser cargados por ARTToolkit que es la biblioteca que se propone utilizar para la visualización de la Realidad Aumentada, es por esto que en dicho capítulo se ha explicado su funcionamiento, además se representa un modelo de dominio donde se explican algunos conceptos fundamentales en la investigación así como la relación que existe entre ellos y finalmente se hace una descripción de la solución propuesta.

## CONCLUSIONES

En el transcurso de esta investigación para darle cumplimiento a los objetivos trazados se realizó un estudio de las diferentes técnicas de animación que pueden ser aplicadas con el propósito de obtener mayor realismo en los entornos animados, seguidamente se relacionaron distintos métodos de interpolación que son aplicados para obtener mejor fluidez en los cambios de movimientos de los objetos.

Se analizaron tres de las bibliotecas más utilizadas actualmente en el desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada y se realizó un balance entre los formatos gráficos que pueden almacenar objetos con animaciones predeterminadas, con el propósito de escoger el que más se adapte a la propuesta.

El aporte fundamental de este trabajo es la descripción de una sucesión de pasos a seguir para desarrollar una interacción entre una secuencia de animaciones en la Realidad Aumentada.

## RECOMENDACIONES

Después de haber concluido esta investigación se recomienda para futuros trabajos:

- ✓ Extender el estudio a las particularidades del formato X3D.
- ✓ Realizar una aplicación que demuestre la validez de la propuesta de solución.
- ✓ Profundizar más en el estudio de los métodos de interpolación para lograr secuencias de animaciones más complejas.

## BIBLIOGRAFÍA

Tutorial 1: Tracking Stability. Disponible en:

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/tutorialhistory.htm#history>

ARToolKit Framework. Disponible en:

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/devframework.htm>

Benchmarks. Disponible en: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/benchmark.htm>

Camera Calibration. Disponible en:

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/usercalibration.htm>

capitulo3 VRML. Disponible en:

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lis/fuentes\\_k\\_jf/capitulo3.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lis/fuentes_k_jf/capitulo3.pdf)

**Galino, Alberto Prats.** Curso de Introducción al Lenguaje VRML. Barcelona : s.n. Disponible en:

<http://www.med.ub.es/~aprats/curvrml/html/cvrml03.htm>

**Gustavo Cabrera González, Diego Christian Armando Plata Guevara. 2005.** Visualización de imágenes reales con imágenes generadas por un sistema computacional en tiempo real. enero 2005.

Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis186.pdf>

Tutorial 2: Camera and Marker Relationships. Disponible en:

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/tutorialcamera.htm>

Tutorial 3: Multi-Marker Tracking. Disponible en:

<http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/tutorialmulti.htm>

Animación . 2006. Disponible en: [www.infor.uva.es/~descuder/docencia/multim/animacion.ppt](http://www.infor.uva.es/~descuder/docencia/multim/animacion.ppt)

RUÍZ, D.; A. SANSANO, et al. Animación en Art of Illusion, 2004. Disponible en:

<http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/assignaturas/RG/trabajos/trabajo-david-ruiz.pdf>

**Dionicio, Sandra Esperanza Rodríguez.** Sistema de captura de movimiento grueso para animaciones tridimensionales en un ambiente controlado. 2006. Disponible en:

[http://ingenieria.sanmartin.edu.co/graduacion/ProcesoGraduacion/Graduacion/APublicar/Ejemplos/2006\\_07\\_Monografia%20JMopCap.pdf](http://ingenieria.sanmartin.edu.co/graduacion/ProcesoGraduacion/Graduacion/APublicar/Ejemplos/2006_07_Monografia%20JMopCap.pdf)

La animación digital. 2008. Disponible en:

[http://rnasa.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Peliculas/Animacion/TIM\\_04\\_Animacion.html](http://rnasa.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Peliculas/Animacion/TIM_04_Animacion.html)

Realidade Aumentada. 2008. Disponible en:

[http://realidadeaumentada.com.br/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6&Itemid=28](http://realidadeaumentada.com.br/home/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=28)

Azuma, Ronald T. "A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments"6, 4(August 1997), 355-385.

Geusebroek, Jan-Mark y Rein Van Den Boomgaard."Color Invariance". IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 23, no.12, December 2001.



## Referencia Bibliográfica

1. **Ericka Corrado Padilla, Julián J. Delgado, Salvador Castañeda.** Tecnologías de Realidad Virtual: Modelo Edificio Inteligente. febrero 2001. Disponible en:  
<http://telematica.cicese.mx/computo/super/cicese2000/realvirtual/Part2.html#I1>
2. **Silva, Ariel Paz e.** Realidad Virtual. 1997. Disponible en:  
<http://www.monografias.com/trabajos53/realidad-virtual/realidad-virtual.shtml>
3. Activ@Mente . VRML-Realidad Virtual. Disponible en: <http://www.activamente.com.mx/vrml/>
4. Realidad virtual. 2008. Disponible en: <http://gabyrevi.blogspot.com/>
5. Sistema de posicionamiento en la creación de un libro interactivo. . **Alberto Ruiz Aguilar, Fátima Acién Martínez, Jose Luis Vázquez Fernández-Baca.** 6, junio 10, 2007, Revista Digital Universitaria, Vol. 8. Disponible en: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num6/art49/jun\\_art49.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num6/art49/jun_art49.pdf)
6. Los 12 principios de la animación. mayo 15, 2006. Disponible en:  
<http://ddsign.wordpress.com/2006/05/15/los-12-principios-de-la-animacion/>
7. Ídem al 6
8. LOS PRINCIPIOS DE LA ANIMACIÓN TRADICIONAL. **Lasangre, Miguel Díez.** 1999, "Muittu"de A.S.I.F.A./ Euskadi. Disponible en: [http://www.lasangre.net/es/articulos/articulo\\_01.pdf](http://www.lasangre.net/es/articulos/articulo_01.pdf)
9. Ídem al 8
10. Ídem al 8
11. La tecnología, una aliada para fomentar el hábito de leer entre los. 2008. Disponible en:  
<http://iblnews.com/story.php?id=37446>
12. INTERPOLACIÓN. Disponible en:  
<http://carmesimatematic.webcindario.com/interpolacion%20lineal.htm>

13. FotoNostra. FotoNostra. [Online] 2005. Disponible en:  
<http://www.fotonostra.com/glosario/interpolacion.htm>
14. Interpolación. 2008. Centro de recursos de ayuda. Disponible en:  
[http://help.adobe.com/es\\_ES/AfterEffects/8.0/help.html?content=WS3878526689cb91655866c1103906c6dea-7d94.html](http://help.adobe.com/es_ES/AfterEffects/8.0/help.html?content=WS3878526689cb91655866c1103906c6dea-7d94.html)
15. **Román, Martín Bustos.** Cuaterniones. 2004. Disponible en:  
[www.martinbr.com/tutoriales/maticas/quaterniones/](http://www.martinbr.com/tutoriales/maticas/quaterniones/)
16. Ampliación de Informática Gráfica. Animación 3D. Disponible en:  
[http://informatica.uv.es/iiguia/AIG/web\\_teoría/tema5](http://informatica.uv.es/iiguia/AIG/web_teoría/tema5)
17. Ídem al 16
18. Ídem al 16
19. Ídem al 16
20. Animación . 2006. Disponible en: [www.infor.uva.es/~descuder/docencia/multim/animacion.ppt](http://www.infor.uva.es/~descuder/docencia/multim/animacion.ppt)
21. RUÍZ, D.; A. SANSANO, et al. Animación en Art of Illusion, 2004. Disponible en:  
<http://www.dccia.ua.es/dccia/inf/asignaturas/RG/trabajos/trabajo-david-ruiz.pdf>
22. Ídem al 21
23. **Dionicio, Sandra Esperanza Rodríguez.** Sistema de captura de movimiento grueso para animaciones tridimensionales en un ambiente controlado. 2006. Disponible en:  
[http://ingenieria.sanmartin.edu.co/graduacion/ProcesoGraduacion/Graduacion/APublicar/Ejemplos/2006\\_07\\_Monografia%20JMopCap.pdf](http://ingenieria.sanmartin.edu.co/graduacion/ProcesoGraduacion/Graduacion/APublicar/Ejemplos/2006_07_Monografia%20JMopCap.pdf)
24. La animación digital. 2008. Disponible en:  
[http://rnasa.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Peliculas/Animacion/TIM\\_04\\_Animacion.html](http://rnasa.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/Peliculas/Animacion/TIM_04_Animacion.html)
25. Realidade Aumentada. 2008. Disponible en:  
[http://realidadeaugmentada.com.br/home/index.php?option=com\\_content&task=view&id=6&Itemid=28](http://realidadeaugmentada.com.br/home/index.php?option=com_content&task=view&id=6&Itemid=28)

26. Software de Realidad aumentada. 2006. Mr. Planet. Disponible en:

[http://planet.urv.es/planetrv/media/manual\\_ES.pdf](http://planet.urv.es/planetrv/media/manual_ES.pdf)

27. Ídem al 26

28. 3D Studio Max. 2005-2007. Centro de Tecnología Informática. Disponible en:

[http://www.unav.es/cti/manuales/3DStudioMax/#\\_Toc496441709](http://www.unav.es/cti/manuales/3DStudioMax/#_Toc496441709)

29. ¿Que es DirectX y que es OpenGL? 2006. Disponible en:

<http://www.taringa.net/posts/info/836225/%C2%BFQue-es-DirectX-y-que-es-OpenGL.html>

30. Guía de DirectX. 2002-2008. Disponible en: [http://www.zonagratis.com/a-](http://www.zonagratis.com/a-cursos/windows/GuiaDirectX.htm)

[cursos/windows/GuiaDirectX.htm](http://www.zonagratis.com/a-cursos/windows/GuiaDirectX.htm)

31. Ídem al 29

32. Digilicious. Disponible en: [http://www.digilicious.cl/2006/10/26/realidad-aumentada-augmented-](http://www.digilicious.cl/2006/10/26/realidad-aumentada-augmented-reality)

[reality](http://www.digilicious.cl/2006/10/26/realidad-aumentada-augmented-reality)

33. **Rolando Quintero Téllez, J. Matías Alvarado Mentado, Gustavo Núñez Esquer.** Asignación de Comportamiento Complejo a Mundos Virtuales VRML Utilizando C++. junio 30, 2001. Disponible en:

<http://www.revista.unam.mx/vol.2/num2/art2/index.html>

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Animación:** Simulación de un movimiento creada por la muestra de una serie de imágenes o fotogramas.

**Ambiente sintético, mundos tridimensionales:** Mundo virtual

**Comportamiento:** Cambio de atributos o características de los objetos visibles y no visibles del mundo virtual y que cambian el aspecto visual de la escena logrando una animación

**D.A.R.T:** Herramienta de diseño para la Realidad Aumentada.

**Fotograma:** Cada una de las imágenes estáticas que forman la secuencia de animaciones

**Inmersión:** Sensación que producen los entornos virtuales sobre los usuarios cuando se adentran en el entorno virtual.

**Interpolación:** Algoritmo matemático que a partir de varios puntos en el espacio, describe una función que contiene a los puntos intermedios.

**Personajes:** Objeto animado que presenta un comportamiento definido.

**Plug-in o Componente Enchufable:** Es una aplicación informática que interactúa con otra aplicación para aportarle una función o utilidad específica.

**Quaternion:** Extensión de los números imaginarios en forma de vector de cuatro componente que permiten la interpolación y la representación de rotaciones.

**Realidad Aumentada:** Es una tecnología para vincular mundos virtuales con entornos reales.

**Realidad Virtual:** Término futurista el cuál pretende describir la interacción de los seres humanos en mundos virtuales o simulados.

**Route:** Un router es una pieza de hardware o software que conecta dos o más redes. Es una pasarela entre dos redes. Asegura el encaminamiento de una comunicación a través de una red.

**Script:** Un script es un tipo de programa que consiste de una serie de instrucciones que serán utilizadas por otra aplicación.

**Sensor:** Es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, en magnitudes eléctricas. Las variables de instrumentación dependen del tipo de sensor y pueden ser por ejemplo temperatura, intensidad luminosa, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, etc.

**Simulador:** Programa computacional basado en cálculos y modelos estadísticos, usados para representar un escenario determinado.

**Spline:** Un *spline* es una curva definida a trozos mediante polinomios.

**Transición de animación:** Cambio de una animación a otra.

**Vector:** Estructura que expresa magnitud y dirección.

**VRML:** Es un lenguaje creado para generar, en una realidad virtual, la navegación e interacción en un ambiente multidimensional generado por computadora en tiempo real.

**Webcam:** Cámara que se conecta a la computadora para captar el ambiente real en las aplicaciones de Realidad Aumentada.

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

**3D:** Tres dimensiones o tridimensional.

**API :** Interfaz de aplicaciones de programación.

**GPS:** Equipo de localización

**RA:**Realidad Aumentada

**RV:** Realidad Virtual.