

Universidad de las Ciencias Informáticas



Facultad 5

**Título: Componente de Interacción
Tangible para Realidad Aumentada**

Trabajo de Diploma para optar por el título de
Ingeniero en Ciencias Informáticas

Autor: José Antonio Leyva Regalón

Tutores: Ing. Mileidy Moreno Mirabal

Ing. Ernesto de la Cruz Guevara

Ciudad de la Habana, Junio de 2011

La computación es una forma de arte. Algunos programas son elegantes, algunos son exquisitos, algunos son brillantes. Mi afirmación es que es posible escribir programas grandiosos, nobles, realmente magníficos.

Donald E. Knut

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los ____ días del mes de _____ del año _____.

Autor: José Antonio Leyva Regalón.

Tutor: Mileydi Moreno Mirabal.

Tutor: Ernesto de la Cruz Guevara

DATOS DE CONTACTO

DATOS DE CONTACTO

Tutor: Ing. Mileydi Moreno Mirabal

Ciudadanía: cubana

Institución: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Título: Ingeniero en Ciencias Informáticas

Categoría Docente: Profesor Instructor

E-mail: mmirabal@uci.cu

Graduada de la UCI, con seis años de experiencia en el tema de la Realidad Aumentada.

Tutor: Ing. Ernesto de la Cruz Guevara Ramírez

Ciudadanía: cubana

Institución: Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI)

Título: Ingeniero en Ciencias Informáticas

Categoría Docente: Profesor Instructor

E-mail: elguevara@uci.cu

Graduado de la UCI, con seis años de experiencia en el tema de la Realidad Aumentada.

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo y amor infinito

A mi querida hermana por todo su cariño y ayuda incondicional

A mi novia por apoyarme y quererme tanto

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos:

A mis padres y mi hermana por ser la mejor familia del mundo. Por haberme apoyado a lo largo de mi vida estudiantil y sobre todo en estos cinco años de carrera universitaria.

A mi novia por ser una gran compañera y ayudarme tanto en la realización de esta investigación.

A mis suegros por estar pendientes y apoyarme en el desarrollo este trabajo.

A mis amigos Yadriel, Adrian y Alberto, así como Misbel y Yulaine por toda la ayuda prestada.

A mis compañeros de cuarto en especial a Guillermo, Rubén, Juan Carlos y Frank por toda la ayuda profesional brindada.

A mis tutores por haberme guiado y apoyado a lo largo de la realización de la presente investigación.

A todas mis amistades y familia de manera general por de una forma u otra influir en la elaboración de esta investigación.

La interacción tangible se ha convertido actualmente en un reto en las aplicaciones de Realidad Aumentada. En la Línea de Núcleo Gráfico del Departamento de Visualización y Realidad Virtual de la Facultad Cinco, en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se está trabajando con entornos aumentados. Se han obtenido resultados relevantes en el empleo del método de visión por computadoras, utilizando el reconocimiento de patrones en marcadores. Esta entidad presenta una Herramienta de Autor que permite la creación de escenas de Realidad Aumentada, sin embargo, no cuenta con ninguna forma de interactuar con estas.

Tales motivos incitaron la siguiente investigación, la cual se centra en la creación de un componente de interacción tangible para la posterior integración con la Herramienta de Autor de la Línea de Núcleo Gráfico antes mencionada. Este componente encierra tres técnicas de interacción mediante el uso de marcadores. Dos de estas técnicas consisten en el empleo de un marcador como herramienta física para la selección y colocación de elementos virtuales; y la tercera en la proximidad entre marcadores.

Palabras Clave:

Elementos virtuales, Herramienta de Autor, interacción tangible, patrones en marcadores, Realidad Aumentada.

ABSTRACT

The tangible interaction has become a challenge at the moment in the applications of Augmented Reality. The Line of Graphic Nucleus of the Department of Visualization and Virtual Reality of the Faculty Five, in the University of the Computer Sciences (UCI), is working with increased environments. There have been obtained excellent results in the employment of the method of vision by computers, using the recognition of patterns in markers. This entity presents an Author's Tool that allows the creation of scenes of Augmented Reality; however, it doesn't have any form of interacting with them.

Such reasons incited the following research, which is centered in the creation of a component of tangible interaction for the later integration with the Author's Tool of the Line of Graphic Nucleus mentioned before. This component contains three interaction techniques by means of the use of markers. Two of these techniques consist on the employment of a marker as a physical tool for the selection and placement of virtual elements; and the third one, on the proximity among markers.

Key Words:

Virtual elements, Author's tool, Tangible interaction, Patterns in markers, Augmented Reality.

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actor del Sistema.....	52
Tabla 2: Descripción del CU Selección por intervalos.....	54
Tabla 3: Descripción del CU Selección por Cubo Envolvente.....	56
Tabla 4: Descripción del CU Selección por Esfera Envolvente.....	57
Tabla 5: Descripción del CU Colocación por Intervalos.....	59
Tabla 6: Descripción del CU Colocación por Área Rectangular.....	60
Tabla 7: Descripción de la clase de diseño Uso_Paleta_Base.....	63
Tabla 8: Descripción de la clase de diseño Métodos_Interacción_SC.....	64
Tabla 9: Variantes a evaluar en la escena aumentada.....	69
Tabla 10: Resultados obtenidos de la evaluación de las variantes.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Head Mounted Display.....	20
Figura 2: Juego AR Quake	21
Figura 3: Interacción en la RA y la RV	24
Figura 4: A Desktop Augmented Reality Window Manager	24
Figura 5: Marcadores.....	25
Figura 6: AR Jam.....	26
Figura 7: VOMAR	26
Figura 8: Aplicación de RA con interacción tangible utilizando el método Immersive Authoring.	28
Figura 9: Animación con el método Immersive Authoring.	28
Figura 10: Lentes Mágicos en RA.....	29
Figura 11: Tiles.....	30
Figura 12: Interfaz Tiles	30
Figura 13: Muebles virtuales en ARMMI	31
Figura 14: Interfaz Multimodal de Realidad Aumentada.....	32
Figura 15: Pasos para la manipulación de un objeto virtual y las modalidades de entrada.	32
Figura 16: Robot y Marcadores utilizados en la Aplicación Multimodal de RA.....	33
Figura 17: Una escena de RA.....	40
Figura 18: Cálculo de la transformación local.....	41
Figura 19: Puntos de vista de la cámara respecto a una misma escena.	43
Figura 20: Parte inferior del cubo envolvente.....	45
Figura 21: Colisión entre circunferencias.	46
Figura 22: Modelo del Dominio.	49
Figura 23: Diagrama de Casos de Usos.	53
Figura 24: Diagrama de clases del diseño del componente.	61
Figura 25: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Selección por Intervalos	65
Figura 26: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Selección por Cubo Envolvente.....	66
Figura 27: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Selección por Esfera Envolvente.....	66
Figura 28: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Colocación por Intervalos.	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 29: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Colocación por Área Rectangular.	67
Figura 30: Diagrama de Componentes.	68
Figura 31: Escena Aumentada creada en la Herramienta de Autor.....	68
Figura 32: Selección mediante la variante Esfera Envolvente.....	76
Figura 33: Colocación de un elemento virtual en la escena aumentada.....	76
Figura 34: Selección mediante la variante Cubo Envolvente.....	77
Figura 35: Diagrama de clases del diseño del componente integrado a la Herramienta de Autor.....	78

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	15
CAPITULO 1: Fundamentación Teórica.....	19
Introducción	19
1.1 La Realidad Aumentada.....	19
1.1.1 Inicios e Impactos de la Realidad Aumentada.....	20
1.2 La Interacción	22
1.3 La interacción en la Realidad Virtual	22
1.4 La interacción en la Realidad Aumentada.....	23
1.5 Técnicas de interacción	25
1.5.1 Técnicas de interacción basadas en el uso de marcadores	25
1.5.2 Interacción en Sistemas Multimodales	31
1.6 Metodologías de desarrollo de software.....	33
1.6.1 Metodología RUP.....	34
1.6.2 Metodología XP	34
1.6.3 Metodología MSF.....	35
1.7 Herramientas CASE.....	35
1.8 Bibliotecas de desarrollo de software en la Realidad Aumentada	36
1.8.1 ARToolkit.....	36
1.8.2 OSGART.....	37
1.8.3 FLARToolkit.....	37
Conclusiones parciales del capítulo	37
CAPITULO 2: Solución Propuesta	39
Introducción	39
2.1 Biblioteca de desarrollo OSGART	39
2.2 Configuración de una escena aumentada.....	39

ÍNDICE DE CONTENIDO

2.3 Configuración de un marcador como paleta.....	41
2.4 Técnicas de Interacción Tangible.....	42
2.4.1 Selección de objetos virtuales mediante el uso de la paleta.....	42
2.4.2 Colocación de objetos virtuales en el marcador base	47
2.5 Ventajas de las técnicas propuestas.....	48
Conclusiones parciales del capítulo	48
CAPITULO 3: Descripción de la Solución Propuesta	49
Introducción	49
3.1 Reglas del Negocio.....	49
3.2 Modelo de Domino.....	49
3.2.1 Glosario de Términos del Dominio	50
3.3 Captura de Requisitos	50
3.3.1. Requisitos Funcionales	50
3.3.2. Requisitos No Funcionales.....	51
3.4. Modelo de Casos de Uso del Sistema	52
3.4.1. Actores del Sistema	52
3.4.2. Diagrama de Casos de Uso del Sistema.....	52
3.4.3. Descripción de los Casos de Uso.....	53
Conclusiones parciales del capítulo	60
CAPÍTULO 4: Diseño e Implementación	61
Introducción	61
4.1 Diagrama de Clases del Diseño.....	61
4.2 Descripción de clases de diseño.....	61
4.3 Diagramas de Secuencia	64
4.4. Diagrama de Componentes	68
4.5 Valoración de los Resultados.....	68
Conclusiones parciales del capítulo	70

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONCLUSIONES GENERALES	71
RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	73
ANEXOS.....	76
Anexo 1	76
Anexo 2:	78
GLOSARIO DE TÉRMINOS	79

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios la realidad virtual busca aportar un mayor realismo en las escenas virtuales, persiguiendo entre sus metas un entorno apropiado para el entretenimiento, el cine, los aspectos científicos y otros sectores. Múltiples han sido las tecnologías creadas alrededor de ésta para alcanzar un acercamiento al mundo real. A este realismo se aproxima la Realidad Aumentada (RA), la cual es una tecnología muy joven aún. Ella trabaja con escenas reales y virtuales en conjunto; mientras que en la realidad virtual, todo elemento existente desaparece del mundo real y se sumerge en un mundo totalmente virtual.

La RA maneja elementos virtuales y los inserta en escenas reales, por lo que se obtiene un mundo real aumentado con éstos. Una de las formas en que se evidencia este paradigma es cuando se utiliza un ordenador que toma mediante un dispositivo de captura de video, una escena física y añade uno o varios objetos virtuales en tiempo real, aumentando esta escena en el monitor del ordenador, donde cualquier cambio en el entorno real puede o no modificar la escena aumentada.

En la Realidad Aumentada existen actualmente muchas herramientas que permiten el trabajo con escenas reales enriquecidas con objetos virtuales. Su impacto en esferas de la ciencia ha sido exitoso; por ejemplo, en la medicina y en la geografía. En los celulares inteligentes o Smartphone, existen aplicaciones de Realidad Aumentada que actúan como GPS, las cuales brindan información de lugares específicos en un determinado perímetro de una ciudad.

Este trabajo se centra en algunas técnicas de interacción en la Realidad Aumentada, donde los usuarios interactúan con la escena aumentada, mediante mecanismos o dispositivos físicos, para alterar o manipular los objetos virtuales. En la Línea de Núcleo Gráfico del Departamento de Visualización y Realidad Virtual de la Facultad Cinco, en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI), se está trabajando con entornos aumentados. Se han obtenido resultados relevantes en el empleo del método de visión por computadoras, utilizando el reconocimiento de patrones en marcadores.

La mencionada Línea de Núcleo Gráfico se ha propuesto el trabajo con la interacción de objetos virtuales mediante el uso de marcadores; estos son dispositivos reales existentes en la escena física, en los que se insertan objetos virtuales, para obtener un entorno aumentado en el ordenador. En la referida entidad se trabaja RA con el fin de crear proyectos que tributen al desarrollo de la economía y la informática de la nación cubana.

Se conoce que en el mundo existe una gran competencia con esta tecnología. Hay empresas que dedican todo su esfuerzo a la elaboración de aplicaciones con RA y logran desarrollar nuevas técnicas de interacción que permite un progreso notable de estos productos. Sin embargo; la mayoría de estas compañías mantienen tales técnicas en privado para beneficio propio. Ello obliga a nuevas empresas o aquellas ya existentes que apenas se inician en la materia, a elaborar sus propias técnicas, o tomar algunas conocidas que no satisfacen por completo sus necesidades. Lo antes expuesto, en el modo tradicional de desarrollo de aplicaciones, significa demoras en la configuración de escenas de RA y con frecuencia, acarrea algunas ineficiencias en los productos que se entregan.

Para contrarrestar los dañinos efectos de tal práctica en la producción o desarrollo de software, en todo el orbe se construyen herramientas y componentes para la reutilización y la disminución del esfuerzo de trabajo.

En la UCI, la Línea de Núcleo Gráfico del Departamento de Visualización y Realidad Virtual está enfrascada en el desarrollo de herramientas que le permitan crear aplicaciones de RA, a un menor costo por concepto de tiempo de producción y esfuerzo. La Línea se encuentra desarrollando una herramienta de autor para configurar escenas de RA. Sin embargo; esta herramienta no presenta forma alguna en la que el usuario pueda interactuar con los modelos añadidos a la escena, de modo que hay que acomodarlos en una herramienta de diseño. Esto es un método de prueba y error que no es productivo.

De la situación problémica planteada anteriormente surge el siguiente **problema científico**: ¿Cómo lograr la interacción con elementos virtuales en una escena de Realidad Aumentada?

El **objeto de estudio** corresponde a la Interacción con objetos virtuales y el **campo de acción** está enmarcado en la interacción con objetos virtuales en escenas reales.

Para darle salida al problema planteado, se define como **objetivo general**, desarrollar un componente de interacción donde se agrupen técnicas de interacción de Realidad Aumentada.

Para dar cumplimiento al objetivo general planteado se proponen las siguientes **tareas**:

1. Elaborar el marco metodológico y teórico en el que está enmarcado el sistema.

2. Realizar propuesta de herramientas que permitan desarrollar la solución que se desea.
3. Realizar una propuesta de solución.
4. Construir la propuesta de solución.
5. Probar la solución propuesta.

Definiéndose la siguiente **Idea a defender**: Con la implementación de un componente de interacción para Realidad Aumentada, se obtendrá un sistema que permitirá a los usuarios interactuar con escenas aumentadas creadas en la Herramienta de Autor de la Línea de Núcleo Gráfico del Departamento de Visualización y Realidad Virtual.

Para cumplir con las tareas trazadas, se utilizarán los siguientes métodos científicos:

Método teórico:

- **Análisis Histórico-Lógico:** Para la realización de esta investigación, se analizan los inicios de la Realidad Aumentada, los principales conceptos que giran alrededor de la misma, las técnicas de interacción existentes en el mundo, así como las diversas aplicaciones y funciones de éstas.
- **Modelación:** Se utiliza para realizar los modelos correspondientes al ciclo de vida del sistema, esto permite facilidades a la hora de cumplir con las tareas de análisis y diseño de los procesos que intervienen en la aplicación.

El trabajo se encuentra estructurado en tres capítulos:

Capítulo 1: Se brindan algunos conceptos de la RA, así como un estudio de sus inicios, principales impactos y una breve comparación de ésta con la interacción en la Realidad Virtual. Se realiza un estudio del arte de las principales técnicas de interacción en la RA.

Capítulo 2: Se describe brevemente las principales características de la biblioteca de desarrollo (OSGART). Luego se detallan aspectos de la configuración de una escena aumentada y un marcador como herramienta física para la selección y colocación de elementos virtuales. Por último, se realiza un análisis y descripción de las técnicas de interacción que integran el componente propuesto como solución.

Capítulo 3: En este capítulo se realiza una descripción de la solución propuesta en el capítulo 2 a través de la metodología de desarrollo de software RUP y la herramienta de modelado Rational Rose. Se establecen las reglas del negocio y el modelo de dominio. Se exponen los requisitos funcionales y no funcionales. Se definen los casos de uso del

sistema y los actores que interactúan con el mismo. Por último se realiza una descripción de cada caso de uso para su mayor comprensión.

Capítulo 4: En este capítulo se muestran los aspectos fundamentales del diseño e implementación de la solución propuesta. Se realiza el diagrama de clases del diseño, diagramas de secuencia y el diagrama de componente. Por último se muestra una valoración de los resultados obtenidos en la investigación.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CAPITULO 1: Fundamentación Teórica

Introducción

En el presente capítulo se realiza la conceptualización de la Realidad Aumentada. Se presenta el estudio de sus inicios y algunos impactos de la misma en los últimos años. Además se ofrece una perspectiva general de aspectos relacionados con la interacción en la Realidad Aumentada: conceptos, características y algunas técnicas de interacción; para alcanzar una mayor comprensión de la propuesta de solución. Por último se analizan ciertas metodologías de desarrollo de software y herramientas existentes, con el propósito de seleccionar las más adecuadas para darle cumplimiento al problema planteado.

1.1 La Realidad Aumentada

Se realizó una revisión acerca de los criterios expuestos por algunos autores respecto a lo que podría ser un concepto estándar de la Realidad Aumentada. De dicho estudio se tomaron los siguientes conceptos, los cuales responden al objetivo que se persigue en este trabajo.

Manuel Ibáñez plantea que la realidad aumentada es un sistema de interacción que toma como entrada la información que proviene del mundo real y genera información de salida (tal como objetos, imágenes, texto, etc.) que se superpone en tiempo real sobre la percepción que el usuario tiene del mundo real, consiguiendo así un aumento en el conocimiento que el usuario tiene sobre los objetos de su entorno. [1]

L. Alonso y M. Durán expresan que el mayor reto de la Realidad Aumentada es lograr combinar objetos del mundo real con objetos virtuales dentro de un entorno aumentado, que creen la ilusión para el usuario de que los objetos virtuales o generados por computadoras se encuentran de manera coherente y exacta en el entorno real que se visualiza. En fin, que las coordenadas registradas del objeto 3D se encuentren en correspondencia con su posición en el entorno virtual que a su vez tiene relación directa con el mundo real. [25]

Teniendo en cuenta lo expresado por los autores antes mencionados, se podría referir a la Realidad Aumentada como una variedad de la Realidad Virtual donde se añaden elementos virtuales a un mundo real, creando una escena conocida como *escena aumentada*.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1.1 Inicios e Impactos de la Realidad Aumentada

Uno de los primeros pasos de la Realidad Aumentada se remonta a 1965, cuando en la Universidad de Harvard el profesor Iván E. Sutherland crea el primer Head Mounted Display (HMD). El HMD es un casco de visión estereoscópica que proporciona una experiencia virtual totalmente inmersiva.



Figura 1: Head Mounted Display

Este dispositivo es utilizado para observar mundos de la Realidad Aumentada obteniendo un gran realismo de la escena.

En el ámbito militar se han creado importantes aplicaciones de RA. Una de las primeras fue dirigida a los aviones como el TSR-2 (1965), donde se proyectaba información imprescindible al piloto a través de un cristal transparente. Ello le permitía al aviador tener una visión de todas las estadísticas del avión sin necesidad de observar los medidores y dispositivos que ofrecen estos datos y poder estar pendiente a la vez del exterior del avión.

El primer prototipo del BWC (Body Wearable Computer) fue desarrollado por Steve Mann en el año de 1980, en el Media Lab del Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). El BWC es un sistema informático que va incorporado al cuerpo del usuario (en un cinturón, mochila o chaleco). Está diseñado para las operaciones móviles y sobre todo a manos libres; a menudo incorpora HMD y muestra la entrada de voz [4]. El BWC ofrece en todo momento información importante al soldado de la localización del resto de sus compañeros y de sus enemigos; consulta mapas del terreno, calcula y añade objetivos, recibe órdenes precisas y otras propiedades que son vitales para un militar en campaña. También puede vincularse con otras esferas de la sociedad, como por ejemplo en carreras de caballos, donde un usuario del público puede observar todos los datos de la

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

competencia: competidor que va en primera posición, velocidad, distancia entre los competidores y otros aspectos.

En la compañía Boeing (1990) el término “Realidad Aumentada” fue acuñado por el investigador Caudell Tom [2]. A este y su colega David Mizell se les pidió obtener una alternativa a los esquemas costosos y los dispositivos de marcado que se utilizaban para la guía de los trabajadores en la fábrica. Se propusieron sustituir los largos tableros contrachapados, que contenía un diseño individual de instrucciones de cableado para cada avión, con un HMD que a través de un sistema de visualización permitiera capacitar a los trabajadores de como instalar el cable arneses en los aviones.

Ronald Azuma et al., presentan un seguidor híbrido que estabiliza una visualización de RA en el exterior respecto al movimiento del usuario. Este es el primer sistema de movimiento estabilizado de RA que funciona al aire libre y logra un registro más exacto que los sistemas mostrados previamente en el exterior. [3]

En la Universidad del Sur de Australia se desarrolló un juego en el año 2000. El mismo es llamado AR Quake y en él se utiliza un HMD, un equipo móvil y un GPS. Como se ilustra en la Figura 2 a), el AR Quake se juega al aire libre, de modo que el jugador camina por las calles donde ve una escena de RA e interactúa con ésta, de acuerdo a las situaciones creadas en el juego (Figura 2b)).



a) Equipo físico de AR Quake

b) Escena de RA de AR Quake

Figura 2: Juego AR Quake

En el año 2005 surge un juego llamado Façade creado por Andrew Stern y Michael Mateas. Éste fue desarrollado con inteligencia artificial. Su impacto en la comunidad internacional fue sorprendente, lo que incitó tiempo después a llevar el juego al mundo real. Todo ocurrió en la Universidad de Georgia, donde montaron un local similar al del

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

juego virtual y desarrollaron una mochila y gafas que le concedieron al jugador ver imágenes virtuales de personajes de la historia.

Wikitude Drive es el primer sistema de Realidad Aumentada de navegación móvil completamente funcional que permite ver las rutas recomendadas por el GPS por encima de la imagen que la cámara va capturando en la carretera. El sistema de navegación lleva al conductor a través de un territorio desconocido de una manera natural, real y fácil [5]. Muchas son las ventajas de esta aplicación; entre otras, podría un chofer conducir por un camino de difícil acceso y poca iluminación, visualizándose con esta un trayecto óptimo y seguro, así como una clara visión de la carretera.

El análisis de los inicios y principales impactos de la Realidad Aumentada, muestra cómo desde sus comienzos se persigue una mayor interacción. Observándose en cada etapa, aplicaciones y dispositivos con potencialidades superiores para interactuar con las escenas aumentadas. Éstos y otros trabajos hicieron su historia en la Realidad Aumentada y constituyen inspiración para el desarrollo de futuras innovaciones en la misma.

1.2 La Interacción

Según el diccionario de la Real Academia Española, la interacción es la acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc. [6]

La interacción del usuario con un ordenador, es la forma en que éste da órdenes al sistema para ejecutar sus deseos. Los usuarios se auxilian de dispositivos para esta interacción tales como el mouse, teclado, joystick, reconocimiento de la voz y otros que permiten crear todo este flujo recíproco que logra una comunicación dinámica entre ellos y un ordenador.

En el mundo virtual y aumentado se persigue engrandecer todo lo referente a la interacción, tanto en juegos con sensaciones reales como en aplicaciones de teléfonos, software en la medicina, la industria y el resto de los campos de la ciencia que se acercan a las expectativas que exige el usuario.

1.3 La interacción en la Realidad Virtual

La tecnología de la Realidad Virtual (RV) permite sumergir a un usuario en un ambiente tridimensional simulado por el computador, de forma interactiva y autónoma en tiempo real.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La RV presenta tres importantes características:

- La inmersión: El usuario aprecia el mundo artificial generado por el ordenador. Este puede ser manifestado mediante un HMD y algunos sensores que detecten los movimientos de diversas partes del cuerpo.
- La interacción natural: Manipulación directa donde la interfaz con un objeto suele ser el propio objeto en sí.
- La sensación de presencia física directa: El usuario debe tener la sensación de estar en el mundo virtual.

Los ambientes virtuales podrían crearse de forma dinámica, donde se tenga información de todo el comportamiento interactivo de la escena. Para interactuar con éste, podría ser mediante el mouse o teclado, 3D widgets (objetos del mundo virtual que proporcionan una interfaz intuitiva y de manipulación directa para el usuario), un guante con disímiles sensores que detectan el movimiento de la mano del usuario y otras herramientas que permitan la interacción.

La interacción en la Realidad Virtual busca una mayor cantidad de sentidos para lograr una gran sensación de inmersión que pueden percibir los usuarios de un juego interactivo. La computadora sería la encargada de iniciar la partida, indicando las respuestas o las opciones correctas a seguir. De esta manera se concebiría una interacción entre la computadora y el jugador, el cual se siente sumergido en ella.

1.4 La interacción en la Realidad Aumentada

La interacción aumentada es un estilo de Interfaz Hombre Computadora (HCI) que intenta hacer el empleo de las computadoras lo más transparente posible. En el uso de este estilo, un usuario es capaz de interactuar en el mundo real que se ve aumentado por la información sintética del ordenador. La situación del usuario es reconocida automáticamente por la aplicación mediante una serie de métodos de reconocimiento, permitiendo a la computadora ayudar al usuario sin tener este que dar instrucciones directas a la máquina. El enfoque del usuario no está en el equipo sino en el mundo real. La misión del ordenador es ayudar y mejorar las interacciones entre el hombre y el mundo real. [7]

En la figura 3 se realiza una comparación de la interacción entre la RA y la RV. En la figura 3 B) se muestra como el ordenador actúa de intermediario en la interacción en la

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

RA no así en la figura 3 A) donde el usuario no tiene interacción con el mundo real, sumergido totalmente en un mundo virtual. [9]



Figura 3: Interacción en la RA y la RV

La Realidad Aumentada persigue una interacción directa con los objetos virtuales en escenas reales; para lo que se ha venido trabajando con el fin de alcanzar una proximidad a la interacción con objetos físicos en el mundo real. En ARWin (A Desktop Augmented Reality Window Manager) Stephen DiVerdi, Daniel Nurmi y Tobias Höllerer (2003) desarrollaron aplicaciones intuitivas en 3D y sus interacciones [8]. En la figura 4 se muestra cómo el usuario interactúa con la escena aumentada. En la imagen de la izquierda se muestran dos flechas, la primera de color naranja representa un contenedor de datos y la segunda de color azul, es un manejador de datos.

En el lado derecho de la figura se observa cómo al acercar el manejador al contenedor de datos se visualiza y almacena la información comprendida en el contenedor de datos.

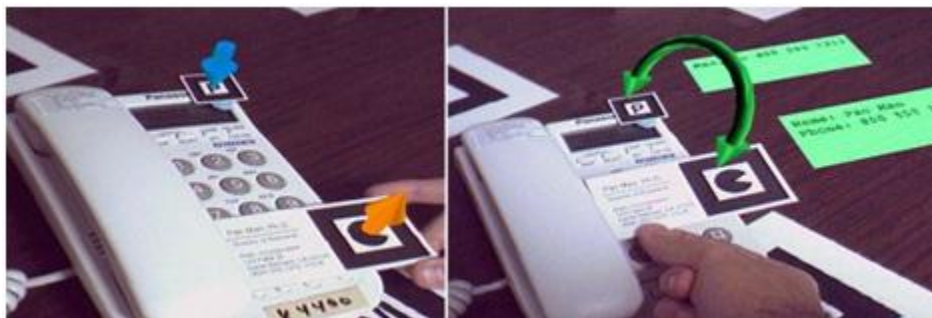


Figura 4: A Desktop Augmented Reality Window Manager

Como en ARWin, en otras aplicaciones de RA se han desarrollado técnicas de interacción que promueven el realismo de ésta.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5 Técnicas de interacción

En esta sección se realiza un estudio de las principales técnicas de interacción empleadas en aplicaciones de RA en el mundo. Para ello se definen dos áreas a investigar: técnicas de interacción basada en el uso de marcadores y técnicas de interacción en sistemas multimodales.

1.5.1 Técnicas de interacción basadas en el uso de marcadores

Los marcadores son dispositivos reales existentes en la escena física en los que se insertan objetos virtuales. Éstos son los que se reconocen en las aplicaciones de Realidad Aumentada como patrones de marca, los cuales contienen un identificador, el tamaño y las coordenadas del centro. Todos estos atributos sirven para su correcta identificación. Un patrón constituye un mapa de bits generado a partir de la región que ocupa un marcador determinado en cada fotograma del video capturado por la cámara. En la figura 5 se ilustra un marcador simple y un multimarcador.

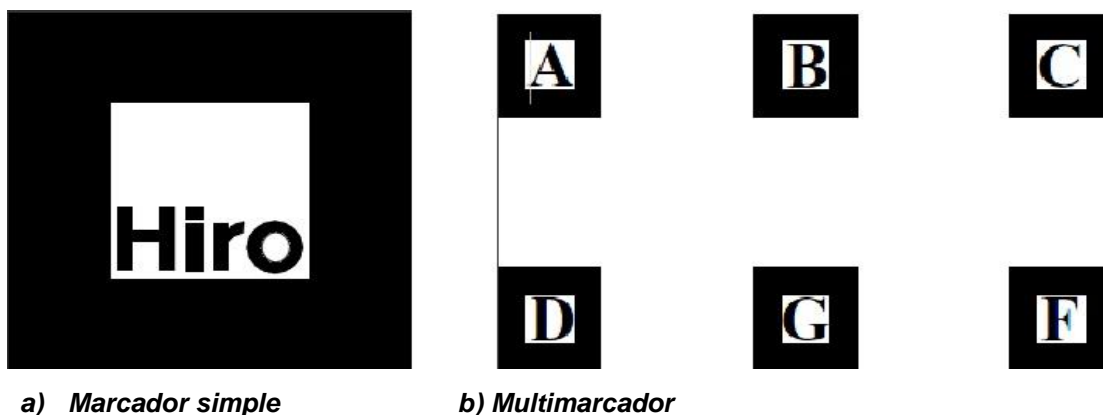


Figura 5: Marcadores

Una forma de interactuar con los marcadores es la interacción con el paddle o paleta. Esta técnica consiste en el uso de un marcador como dispositivo para seleccionar y manipular los objetos virtuales. Este marcador puede actuar como una herramienta física o insertándole un objeto virtual que funcione como una herramienta virtual. A continuación se analizan algunas aplicaciones existentes, que hacen uso de ésta y otras técnicas, para lograr la interacción con la escena aumentada.

Andreas Duenser realiza una interfaz tangible AR Jam como parte del proyecto Magic Book [11]. El autor examina el uso de la tecnología de la Realidad Aumentada para la educación de los niños. Consiste en un libro cuyas páginas fueron aumentadas con

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

personajes virtuales 3D, animaciones, tareas interactivas y sonido. Los libros de RA fueron creados utilizando la biblioteca ARToolkit. Para interactuar con el libro se utilizan dos paletas con los personajes principales de la historia dibujados en la parte inferior como muestra la figura 6 a). La aplicación fue concebida para una Web-Cam que capta el video de la escena física y la envía a una computadora que visualiza la escena aumentada a los usuarios (figura 6 b)). Ésta, comparada con otras aplicaciones requiere de dispositivos de menor costo [10].



a) Páginas y paletas.



b) Niños interactuando con la aplicación.

Figura 6: AR Jam

Hirokazu Kato de la Universidad de Hiroshima hace una demostración de la manipulación de objetos virtuales en la Realidad Aumentada (VOMAR). Se utiliza una paleta para interactuar con los objetos (figura 7).

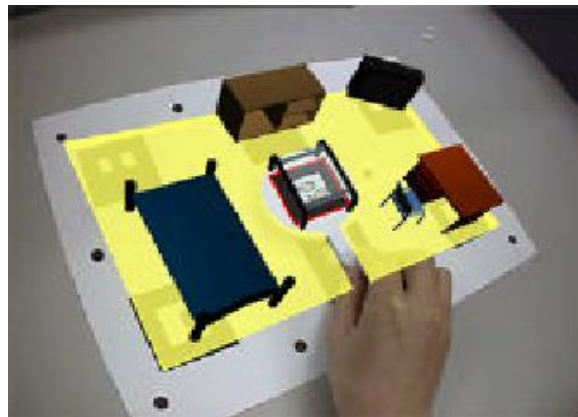


Figura 7: VOMAR

H. Kato presenta una forma natural e intuitiva de manipular objetos virtuales en la RA [12]. Como muestra la figura 7 el usuario mediante una interfaz tangible selecciona con el uso de una paleta un objeto virtual situado en un multimarador. Kato también analiza una serie de métodos que podrían ser explorados en caso de que un objeto virtual sea añadido a un marcador o manipulado por éste:

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- **Inclinación:** Si el marcador que contiene el objeto virtual está inclinado, podría el objeto deslizarse a través de la superficie del marcador.
- **Empujando hacia abajo:** Cuando un marcador empuja hacia abajo un objeto virtual ubicado en la mesa, éste debe desaparecer de ella.
- **Recoger y tirar:** Cuando un marcador recoge desde arriba un objeto virtual en la mesa, debe aparecer una corta cadena virtual que conecte el elemento con el marcador. Tirando de la cadena puede moverlo.
- **Sacudir:** Cuando se estremezca o sacuda un marcador, pudiera aparecer un objeto virtual o cambiar un objeto virtual existente por otro.

Gun A. Lee, Claudia Nelles, Mark Billinghurst y Gerard Jounghyun Kim proponen un nuevo enfoque para la creación de materiales en aplicaciones de la Realidad Aumentada llamado “Immersive Authoring” (Autoría Inmersiva) [13]. En la creación de un mundo virtual interactivo se contemplan dos aspectos fundamentales. El primero es modelar la geometría de los objetos virtuales y el otro es describir el comportamiento e interacciones de éstos; ya que se considera un método simple el utilizar interacciones 3D para geometrías 3D. El principal punto de Immersive Authoring es tener acceso a los mundos virtuales mientras éstos se están construyendo. Los sistemas de Immersive Authoring proporcionan rápidamente la evaluación del contenido resultante.

En la figura 8 se muestra un ejemplo desarrollado por los autores antes mencionados donde se aplica el método Immersive Authoring. Se trata de dos marcadores con un objeto virtual representado en cada uno, una liebre y una tortuga. La idea es que cuando los marcadores estén próximos, ambos animales se saludan y al alejarlos, dejan de saludarse. En otros trabajos esta técnica es tratada como proximidad entre marcadores.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

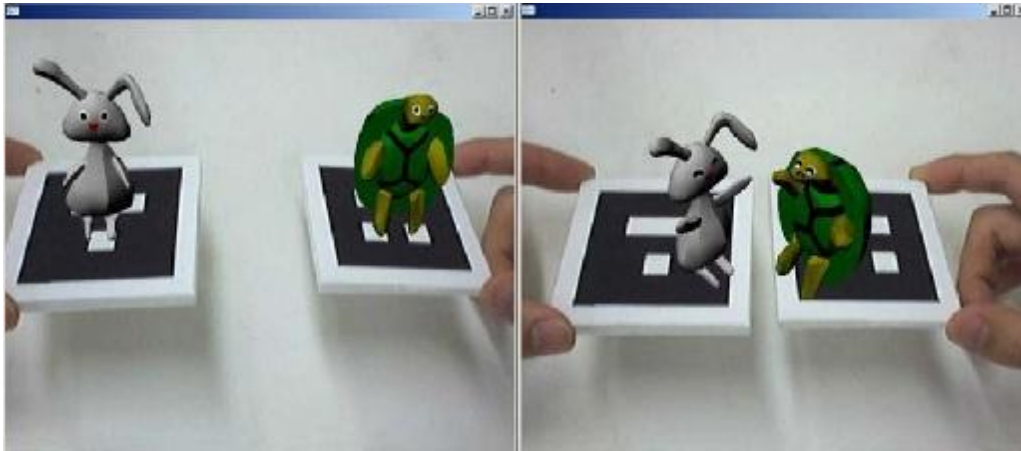
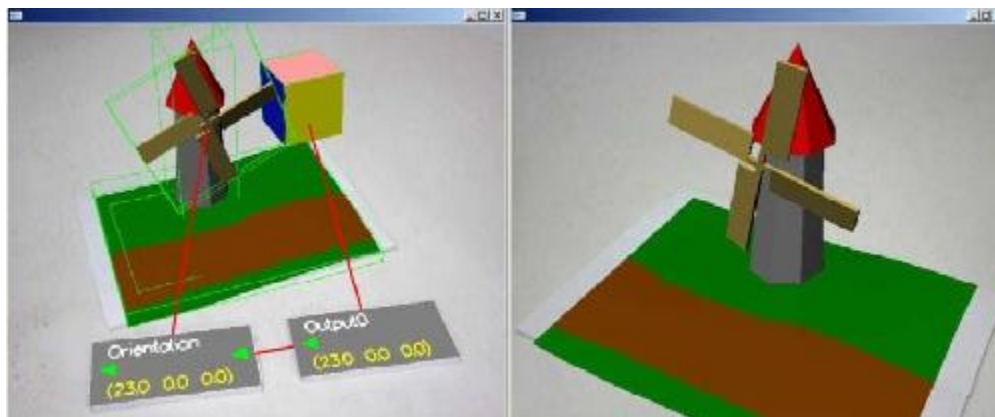


Figura 8: Aplicación de RA con interacción tangible utilizando el método Immersive Authoring.

En la Figura 9 otro ejemplo fue presentado por Gun A. Lee et al., a través de la Autoría Inmersiva. Esta vez el usuario construye la escena, compuesta por el suelo, una torre y una veleta (figura 9 b)). En la figura 9 a) se muestra una caja lógica que representa los datos correspondientes al comportamiento de rotación que tendrá la veleta al girar en la torre.



a) Caja lógica.

b) Escena Aumentada

Figura 9: Animación con el método Immersive Authoring.

Julian Looser presenta una técnica de interacción para entornos de Realidad Aumentada para el filtrado de información [2]. Ésta consiste en una paleta con un marcador en la parte superior, al que se le añade un dispositivo trackball en la parte inferior y un HMD como cámara que visualiza el ambiente aumentado. El usuario es capaz de utilizar esta técnica a modo de lupa, con la cual puede filtrar selectivamente información sobre el modelo virtual situado frente a él (Figura 10). Dicho paradigma de interacción recibe el nombre de Lentes Mágicos.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



Figura 10: Lentes Mágicos en RA

Según J. Looser, la selección es el proceso de identificar un objeto, o un conjunto de objetos, de modo que se pueda interactuar con ellos. Una vez que se realiza la selección, los objetos seleccionados pueden responder a la manipulación, la cual incluye el movimiento del objeto, orientación o su escalado, así como cualquier otra acción definida por la aplicación. La navegación incluye el ajuste de la posición de la vista y la orientación dentro del entorno virtual. Con frecuencia se divide en el desplazamiento (lo que significa moverse de un punto de vista X a un punto de vista Y) y la señalización (cuestiones cognitivas relacionadas con completar exitosamente el movimiento). El sistema de control comprende las acciones que cambian el modo de interacción o estado del sistema, tales como el cambio entre una herramienta de selección y una herramienta de manipulación. Otra técnica de interacción en la RA es el uso de dos tipos de marcadores: uno de datos y otro de funciones, con los que el usuario interactúa para lograr distintos efectos. Iván Poupyrev et al. desarrollan mediante esta técnica un sistema de Tiles.

El sistema de Tiles constantemente mezcla objetos virtuales y físicos para crear un espacio de trabajo que combine la fuerza y flexibilidad de un ambiente informático con el confort y familiaridad del área de trabajo tradicional. Una interfaz Tiles es diseñada en torno a una serie de principios de interfaz sencilla que producen una interfaz genérica y coherente de RA [15]. Un Tile es una tarjeta de cartón con un marcador. Ésta se utiliza como examen físico para interactuar con objetos virtuales. Similares a los iconos en una interfaz gráfica de usuario, un Tile actúa como un control de interfaz tangible. En la Figura 11a) se muestran Tiles con objetos virtuales a los cuales el usuario con los Tiles de la Figura 11 b), podrá aplicar diferentes funciones como copiar, eliminar y mostrar ayuda a estos.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



a) Contenedores de objetos virtuales. b) Tiles para operaciones

Figura 11: Tiles

A los marcadores que se utilizan para las distintas operaciones antes mencionadas, se les añaden iconos que representan qué tipo de operación realizan. El proceso de copiar es simple; el usuario sitúa el Tile de copia próximo al marcador que contiene el instrumento virtual que desea copiar. Luego de unos segundos en esa posición la herramienta pasa al Tile de copia y desaparece del marcador que originalmente lo contenía (Figura 12 a)). Al igual que con la operación de copia, ocurre con el Tile de eliminar. Al ser colocado cercano a la herramienta que se va a eliminar, se espera unos instantes y se procede a la realización de la operación (Figura 12 b)). El Tile que concierne a la operación de ayuda es ubicado en el lugar donde se encuentra un contenedor de un objeto virtual y la aplicación determina que está situado en la zona indicada para ofrecer un sistema de ayuda como muestra la Figura 12 c).



a) Operación de copia. b) Operación de eliminar. c) Operación de ayuda.

Figura 12: Interfaz Tiles

Además de estos Tiles para realizar operaciones como copia, eliminar y brindar ayuda podrían configurarse otras funciones que tributen a una interfaz tangible con mayor dinamismo de interacción para el usuario.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.2 Interacción en Sistemas Multimodales

En los sistemas multimodales los métodos de entrada son naturales: voz, lápiz, táctil, gestos de mano y otros. Muchos investigadores han empleado estos sistemas para lograr una interacción más realista entre una persona y la escena de RA. Seguidamente, se exponen algunos ejemplos donde se hace uso de sistemas multimodales.

Andreas Duenser y Mark Billinghurst describen una interfaz multimodal de Realidad Aumentada (ARMMI) con reconocimiento de instrucciones de voz y gestos [16]. El uso de una paleta es el dispositivo principal para la interacción. Por medio de esta paleta el sistema detecta los gestos de la mano del usuario para manipular los objetos virtuales. Esto ocurre similar al principio de funcionamiento del VOMAR descrito en la sección 1.5.1.

La aplicación consiste en un ambiente aumentado donde los objetos virtuales representan diversos muebles, tales como sillas, sofás, camas, televisor y otros, como muestra la Figura 13. El usuario selecciona con el paddle uno de estos muebles y lo traslada a otra posición dentro de la escena. Para proceder a la selección, el usuario ubica el dispositivo en el mueble deseado y a continuación pronuncia el comando de voz “colocar en la paleta”, el sistema procesa y verifica el comando; finalmente posiciona el objeto en el paddle. Luego para mover el mueble el usuario ordena la instrucción “mover la paleta” y este ejecuta el movimiento de la herramienta con el elemento seleccionado (Figura 14).

La aplicación ARMMI utiliza una base de datos con la descripción de los objetos. Estas propiedades son procesadas por el sistema de diálogo hablado y la aplicación de RA.

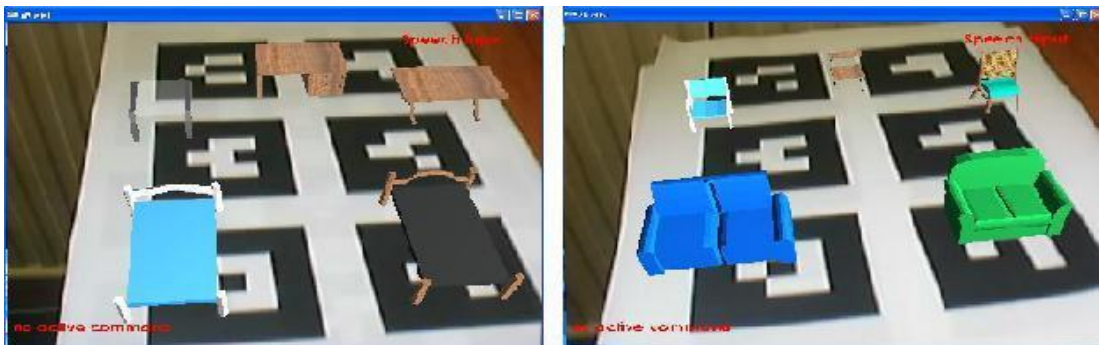


Figura 13: Muebles virtuales en ARMMI

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

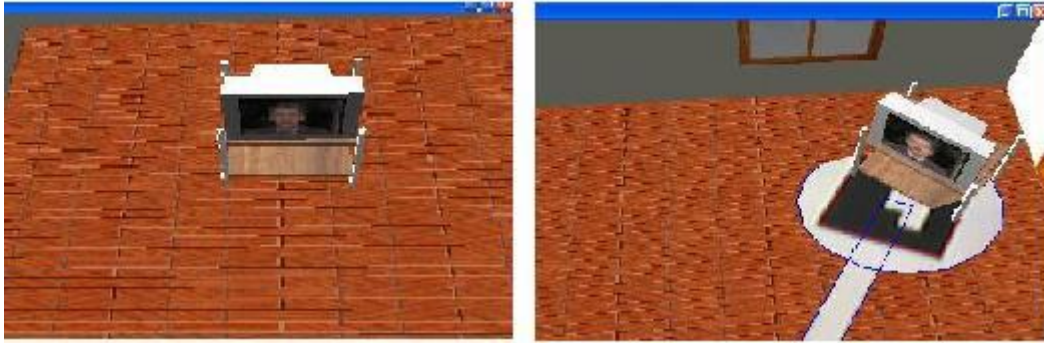


Figura 14: Interfaz Multimodal de Realidad Aumentada.

Al igual que en ARMMI, Mathias Kölsch et al., desarrollan una interfaz multimodal. En ésta se integran cuatro modalidades de entrada: comandos de voz, gestos de las manos, un trackball y la orientación de la cabeza. Con la combinación de estos elementos la aplicación desarrollada logra brindar al usuario respuestas más certeras a la interacción con la escena de RA. Los usuarios pueden seleccionar y manipular representaciones virtuales de entidades semánticas tal como un escritorio, así como insertar objetos geométricos simples (cajas, esferas y líneas). Esto es útil para enriquecer una escena física o para crear modelos virtuales de geometría simple. La manipulación de un objeto virtual ocurre en un proceso de tres pasos: primeramente el objeto es posicionado, luego escalado y por último, rotado (figura 15).

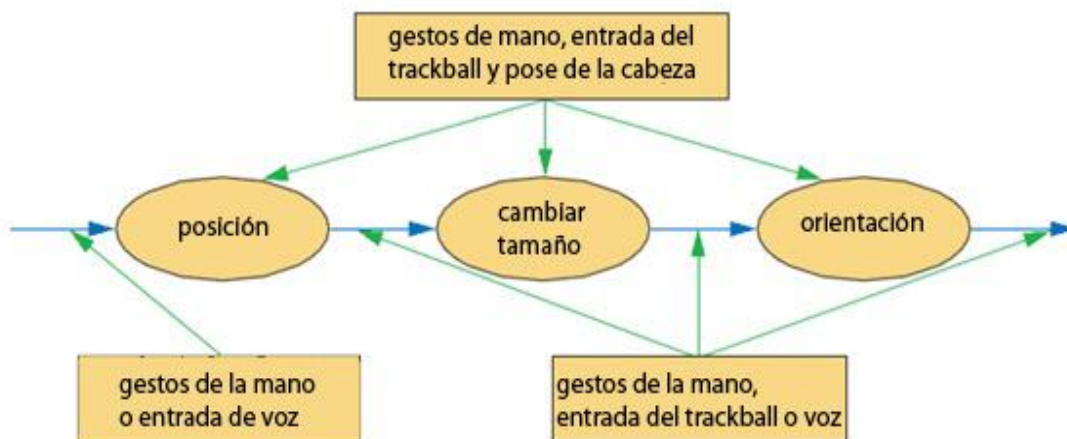


Figura 15: Pasos para la manipulación de un objeto virtual y las modalidades de entrada.

Scott A. Green et al., crean una infraestructura que le permite a un usuario participar de manera natural con un sistema robótico [18]. El robot responde utilizando el habla, por lo

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

que el humano es capaz de comprender sus intenciones y creencias. La tecnología Realidad Aumentada es utilizada para facilitar el uso de gestos naturales y proporcionar un espacio común de referencia en 3D, tanto para el robot como para el humano, proporcionando así un medio para el fundamento de la comunicación y el mantenimiento de la conciencia espacial.

El uso de la RA en esta aplicación le confiere a ésta una interfaz tangible de usuario. Se reconocen marcadores que son empleados como paletas con diversas imágenes de alerta que el robot deberá ejecutar (Figura 16). Una vez que el usuario mencione una instrucción, el sistema procesa el comando de voz e inserta el icono correspondiente en el paddle, el cual es reconocido por el robot mediante un dispositivo de captura de video y realiza la acción indicada.



a) Robot Lego Mindstorms NXT. b) Paletas con los iconos virtuales.

Figura 16: Robot y Marcadores utilizados en la Aplicación Multimodal de RA.

1.6 Metodologías de desarrollo de software

La Real Academia Española define la Metodología como un conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.

Se plantea que una metodología es el conjunto ordenado de pasos a seguir para cumplir un objetivo. Dicho objetivo, en la ingeniería de software, es el desarrollo de software de alta calidad que cumpla con las necesidades del cliente dentro de un plan y un presupuesto predecible [14].

Una metodología representa el camino para desarrollar software de una manera sistemática. **Las metodologías persiguen tres necesidades principales:**

- Mejores aplicaciones, conducentes a una mejor calidad.
- Un proceso de desarrollo controlado.
- Un proceso normalizado en una organización, no dependiente del personal.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Algunas de las metodologías que se pueden utilizar para guiar un proceso de desarrollo de software son:

- La Metodología Rational Unified Process (RUP).
- La Metodología Extreme Programming (XP).
- La Microsoft Solution Framework (MSF).

1.6.1 Metodología RUP

Acrónimo de Rational Unified Process (Proceso Unificado Racional) se basa en la modelación de sistemas informáticos usando la tecnología orientada a objetos, lo que provee un enfoque disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización desarrolladora o cualquier proyecto de software.

Entre las características de RUP se encuentran:

- El software se desarrolla de forma iterativa e incremental, lo que posibilita que se vayan eliminando los errores cometidos en las iteraciones previas.
- Se presenta un modelo visual del software.
- Centrado en arquitecturas.
- Verifica continuamente la calidad del producto.
- Propone la creación de artefactos como herramientas visuales con el uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

1.6.2 Metodología XP

Extreme Programming constituye una metodología ágil que surge como una nueva forma o guía para realizar proyectos de software. Ella está basada esencialmente en la simplicidad y agilidad, también en la retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios que se les realicen al proyecto. La misma se ha definido para proyectos con requisitos muy cambiantes e imprecisos y con un alto riesgo técnico [19].

Principales características de XP:

- Desarrollo iterativo e incremental.
- Pruebas unitarias continuas.
- Integración del equipo de programación con el usuario.
- Corrección de todos los errores.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

- Refactorización del código.
- Propiedad del código compartida.

1.6.3 Metodología MSF

Microsoft Solutions Framework es “un conjunto de principios, modelos, disciplinas, conceptos, lineamientos y prácticas probadas” elaborado por Microsoft. MSF se encuentra en estrecha comunión de principios con las metodologías ágiles, algunas de cuyas intuiciones y prácticas han sido anticipadas en las primeras versiones de su modelo hacia 1994 [20].

Es un modelo muy utilizado para el desarrollo y gestión de proyectos, por lo que es importante destacar que este modelo involucra dos modelos de desarrollo de software: el modelo cascada y el modelo espiral.

1.7 Herramientas CASE

Las Herramientas CASE (Computer Aided Software Engineering, Ingeniería de Software Asistida por Ordenador) son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el coste de las mismas en términos de tiempo y de dinero. Estas herramientas pueden ayudar en todos los aspectos del ciclo de vida de desarrollo del software en tareas como el proceso de realizar un diseño del proyecto, cálculo de costes, implementación de parte del código automáticamente con el diseño dado, compilación automática, documentación o detección de errores, entre otras [21].

Principales objetivos de las herramientas CASE:

- Mejorar la productividad en el desarrollo y mantenimiento del software.
- Aumentar la calidad del software.
- Mejorar el tiempo, coste de desarrollo y mantenimiento de los sistemas informáticos.
- Mejorar la planificación de un proyecto.
- Aumentar la biblioteca de conocimiento informático de una empresa ayudando a la búsqueda de soluciones para los requisitos.

A continuación se citan tres herramientas CASE y una breve descripción de las mismas.

Visual Paradigm

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Visual Paradigm es una herramienta UML profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de software: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, código inverso, generar código desde diagramas y generar documentación. También proporciona abundantes tutoriales de UML, demostraciones interactivas de UML y proyectos UML. Emplea una rápida respuesta utilizando moderadamente los tiempos del procesador, lo que le permite manejar grandes y complicadas estructuras de un proyecto en una forma muy eficiente y, que requiera de una configuración de escritorio.

Rational Software Architect

Rational Software Architect es una herramienta de desarrollo avanzada. Influye en el desarrollo conducido por modelo con UML para crear aplicaciones y servicios con una buena arquitectura. Aprovecha al máximo la plataforma abierta Eclipse 3.2 extensible. Está diseñado para integrarse con el ciclo de vida de su software y con los procesos del equipo de desarrollo.

Rational Rose

Es desarrollada por Rational Corporation y forma parte de un conjunto más amplio de herramientas que juntas cubren todo el ciclo de vida de desarrollo de software. Esta herramienta para la definición de sistemas permite que el equipo de desarrollo entienda mejor el espacio problema, que identifique las necesidades del cliente en forma más efectiva y comunique la solución propuesta en forma más clara. Rational Rose es un instrumento operativo conjunto que utiliza el Lenguaje Unificado (UML) como medio para facilitar la captura de dominio de la semántica, la arquitectura y el diseño.

1.8 Bibliotecas de desarrollo de software en la Realidad Aumentada

Existen diversas bibliotecas de desarrollo de software para generar aplicaciones de Realidad Aumentada. La Línea de Núcleo Gráfico del Departamento de Visualización y Realidad Virtual ha empleado bibliotecas como ARToolkit, OSGART y FLARToolkit en la creación de escenas de RA. A continuación se exponen las principales características de las mismas.

1.8.1 ARToolkit

Es una biblioteca de desarrollo diseñada originalmente por Hirokazu Kato y Billinghamst Marcos [22]. ARToolkit consituye un conjunto de librerías de lenguaje C/C++ que sirven para la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Proporciona una serie de

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

funciones para la captura de vídeo y el seguimiento de patrones, mediante técnicas de visión por computador. Consta de diversos ejemplos y utilidades de gran ayuda al programador que requiera realizar este tipo de aplicaciones.

1.8.2 OSGART

OSGART es una poderosa biblioteca para el render, la interacción y el desarrollo de aplicaciones de RA. La biblioteca OSGART integra la librería ARToolKit con el motor gráfico OpenSceneGraph (OSG) [23]. OSG es un recurso abierto implementado en lenguaje C++ orientado a objetos, sobre la conocida librería OpenGL.

OSGART dispone de tres funciones principales:

- Alto nivel de integración de entrada de video (video objeto, shaders).
- Soporte de múltiples marcadores basados en características físicas o tecnologías de seguimiento (marcador basado en múltiples rastreadores)
- Registro fotométrico, basado en técnicas para el renderizado de sombras y oclusión.

1.8.3 FLARToolkit

FLARToolkit es una biblioteca de Actionscript Flash (v3), versión de ARToolKit que se pueden utilizar para desarrollar RA en la web. FLARToolkit reconoce una marca visual de una entrada de imagen, luego calcula la orientación de la cámara y posición en el mundo 3D y capas de gráficos virtuales en la imagen de video en vivo. FLARToolkit tiene soporte para todos los principales motores gráficos 3D flash (Papervision3D, Away3D, Arena, Alternativa3D) [24]. Es la biblioteca más utilizada en la RA de la Web, basada en Flash, con el apoyo de una gran comunidad de desarrolladores y muchos sitios web con aplicaciones de ejemplo.

Conclusiones parciales del capítulo

En el desarrollo del capítulo se abordaron diversos conceptos para lograr un mejor entendimiento de la investigación. Se realiza un estudio de las principales técnicas de interacción empleadas en aplicaciones de RA existentes en el mundo, con el fin de incrementar los conocimientos en este tema y posteriormente propiciar una solución correcta al problema planteado en el presente trabajo.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Se describe brevemente las principales características de las bibliotecas de desarrollo de software de RA, así como, las metodologías de software y herramientas CASE para su posterior selección y darle cumplimiento a las tareas trazadas en la investigación.

CAPITULO 2: Solución Propuesta

Introducción

En el siguiente capítulo se describe brevemente la biblioteca de desarrollo (OSGART); la cual ha sido seleccionada para implementar las técnicas propuestas como solución al problema de la presente investigación. Luego se detallan aspectos de la configuración de una escena aumentada y un marcador como herramienta física para la selección y colocación de elementos virtuales. Por último se analizan las técnicas propuestas y el funcionamiento de las mismas.

2.1 Biblioteca de desarrollo OSGART

En el capítulo anterior se caracteriza la biblioteca de desarrollo OSGART, como una poderosa biblioteca que integra ARToolKit con OSG. Esta opinión está basada en las experiencias de diversos desarrolladores, que mediante el uso de la misma, han tenido resultados relevantes en la construcción de aplicaciones de RA; tal es el caso de los programadores del Departamento de Visualización y Realidad Virtual.

OSGART permite a los desarrolladores obtener los beneficios de todas las características de OpenSceneGraph (procesador de alta calidad, varios cargadores para diferentes tipos de archivo) directamente en sus aplicaciones de RA. Las técnicas avanzadas de visualización son compatibles, incluyendo los efectos de representación foto-realistas, como sombras, mapas de entorno y los reflejos, la oclusión, la refracción, así como representaciones no realistas como sombreado de dibujos animados. Esta biblioteca también integra múltiples tecnologías de seguimiento, tanto con marcador de seguimiento como con reconocimiento natural. Por todo lo anterior expuesto; la biblioteca OSGART ha sido seleccionada para el desarrollo de la solución propuesta en la investigación.

2.2 Configuración de una escena aumentada

Para esclarecer el objetivo del componente desarrollado es importante conocer cómo se configura una escena de RA mediante la biblioteca seleccionada anteriormente. Para ello se debe disponer de un ordenador con la biblioteca de desarrollo OSGART, una cámara Web que captura una escena real y un marcador de ARToolKit.

En primer lugar, se configura el video de la escena, donde se inicia la adquisición de éste mediante la cámara Web. A continuación se configura el tracking, el cual es conectado

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

con el video. El tracker (seguidor) requiere información de la cámara, la que incluye parámetros que son necesarios para los algoritmos de visión por computador. Luego las características del marcador de ARToolKit son añadidas al tracker, tales como el nombre, las dimensiones y la clasificación (simple o multimarcador).

Hasta el momento se tiene una cámara que proporciona un video en tiempo real de la escena y un tracking que permite conocer la posición, orientación y visibilidad del marcador adicionado. El siguiente paso es la creación de un nodo de transformación, el cual constituye un nodo gráfico de la librería OSG. El nodo trabajaría como sistema de referencia para colocar los objetos virtuales, dado por la asociación de la transformación del nodo con la transformación del marcador. Si se quiere añadir un elemento virtual a una distancia de 5 centímetros de altura del marcador de la escena y una rotación de 180 grados, basta con crear un nodo de transformación al cual se aplicará la rotación y la traslación deseada. Por último; se le integra el objeto virtual al nodo y se añade a la escena, obteniéndose una escena de RA como muestra la figura 17.

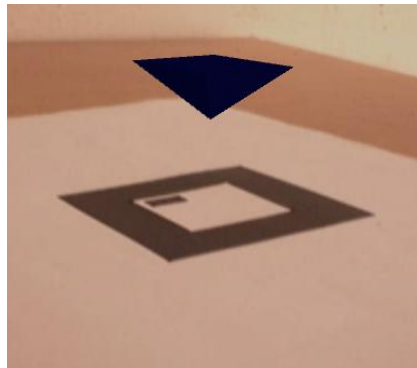


Figura 17: Una escena de RA

La figura 17 ilustra una pirámide virtual con la altura y rotación antes expresada respecto al marcador. Éstas y otras propiedades como luces, sombreado y animación son aplicadas a los elementos virtuales de una escena gracias a las funcionalidades de OSG.

Para agregar varios marcadores a la escena se realiza el proceso similar antes descrito. Al tracker se le notifican las características de los marcadores que se estimen tener en la escena aumentada. Posteriormente se pueden situar varios objetos virtuales en éstos y modificar la posición, tamaño o rotación de los nodos de transformación que los contienen. En el siguiente epígrafe se explica el proceso de configuración para utilizar un marcador como herramienta de manipulación de los elementos virtuales en una escena de RA.

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

2.3 Configuración de un marcador como paleta

Esta sección tiene como objetivo explicar la configuración de un marcador como dispositivo de manipulación de objetos virtuales que se encuentren en una región delimitada en la escena aumentada. Este dispositivo es conocido por marcador paleta o paddle; y la región delimitada, como marcador base. El proceso de configuración inicial es el mismo a la de una escena aumentada, visto en el epígrafe anterior. Los elementos virtuales se colocan en el marcador base, el cual puede ser un marcador simple o un multimarcar. El siguiente paso es definir la posición de la paleta respecto al marcador base; este último presenta un sistema de coordenadas del cual se obtiene la posición relativa del primer marcador. Las transformaciones de la paleta y el marcador base se tienen respecto a la cámara, sin embargo, la transformación local, la cual sería la posición del paddle referente a la base, debe ser calculada. En la figura 18 se presenta la fórmula que permite conocer la transformación local.

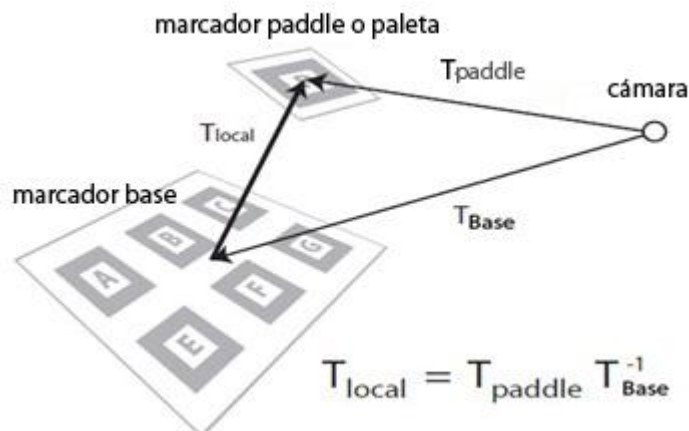


Figura 18: Cálculo de la transformación local.

En la figura anterior se realiza el cálculo de la transformación local mediante las transformaciones de ambos marcadores. El resultado de este cálculo es añadido al nodo de transformación que está asociado al marcador paleta. Luego, este nodo es adicionado al nodo de transformación que está relacionado con el marcador base. Mediante estos pasos se logra poner el marcador paleta como referencia del marcador base, el cual contendrá el sistema de referencia global de la escena aumentada. Por tanto, en cualquier momento que se haga un llamado de la posición de la paleta en la escena, arroja un valor correspondiente a la ubicación del mismo respecto a la base. Esta configuración es fundamental para el uso de un marcador como herramienta de manipulación, la cual

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

puede ejecutar acciones como selección, colocación, empujar y arrastrar elementos virtuales localizados en un marcador base de una escena de RA.

2.4 Técnicas de Interacción Tangible

Existen formas tradicionales de interactuar con los objetos virtuales: uso del teclado y el mouse. El componente propuesto contiene múltiples funcionalidades que permiten crear una interacción dinámica del usuario con la escena de RA, donde el uso de estas formas tradicionales de interacción sean lo más transparente posible. Con el proceso de configuración tratado en la sección anterior se logra un mayor entendimiento de las técnicas de interacción propuestas como solución de esta investigación, las cuales serán descritas a continuación.

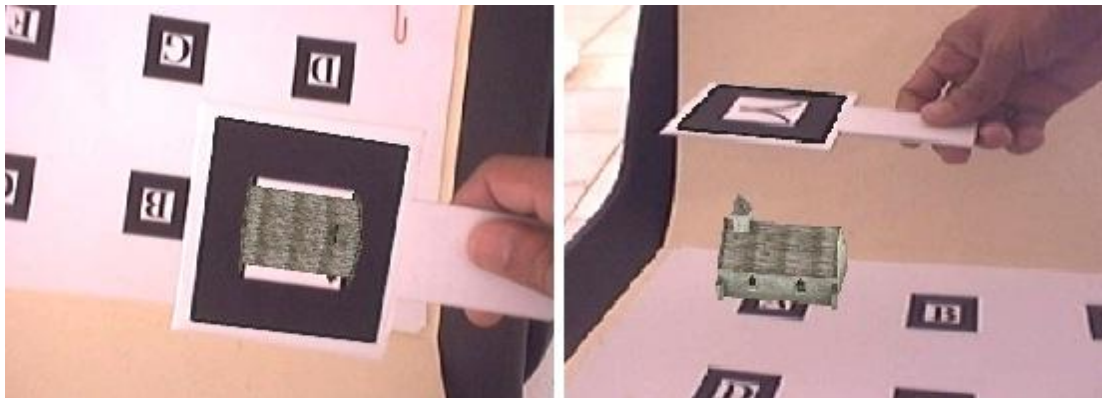
2.4.1 Selección de objetos virtuales mediante el uso de la paleta

En este epígrafe se exponen tres variantes de selección de objetos virtuales mediante el uso de la paleta: selección mediante intervalos, cubo y esfera envolvente. Éstas permiten tomar mediante una herramienta de selección, un objeto virtual ubicado en un marcador base. Para ello, se debe conocer la posición de la paleta en el sistema global de referencia. Esto es posible gracias a la configuración mencionada en la sección 2.3.

En una escena de RA, factores como el punto de vista que brinde la cámara, podría confundir y hacer creer que el marcador paleta se encuentra en la zona correcta para la selección de un elemento virtual (figura 19a)). Sin embargo, al ubicar la cámara en otro ángulo se observa que esto no es cierto, tal y como muestra la figura 19 b).

La posición de la paleta está dada por un vector tridimensional, al igual que la ubicación de un objeto virtual contenido en un nodo de transformación situado en la base. En la figura 19, una casa virtual se encuentra situada en un marcador base con un vector de traslación de 5, 5, 10 ó sea x, y, z respectivamente y el vector de la paleta tiene un valor de 5, 5, 20.

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA



a) La cámara desde arriba

b) La cámara desde un lateral

Figura 19: Puntos de vista de la cámara respecto a una misma escena.

Tanto la imagen a) como la b) de la figura anterior, representan la misma escena con dos puntos de vista distintos de la cámara. En la Figura 19 a) la cámara está encima de ambos marcadores y da la sensación de que la casa se encuentra dentro del perímetro de la paleta. No así en la Figura 19 b), donde es visible la diferencia de la posición de ambos en cuanto al eje z.

Otro factor que pudiera incidir para que la posición del paddle y la de un objeto virtual no coincidan es el volumen de este último. En el caso anterior, la casa virtual tiene un vector de traslación de 5, 5, 10 y una altura de 6 unidades en el sistema de coordenadas global en el cual está situada. Si la paleta tiene una posición de 5, 5, 12, visualmente se observa que el marcador de selección se encuentra dentro del volumen de la casa. En el aspecto matemático, los vectores de traslación no coinciden en el eje z, ya que el valor del componente z de la herramienta de selección está desplazado dos unidades más que el del objeto.

Para corroborar estos factores se crearon algunas funcionalidades que permiten detectar cuándo la paleta está en la zona adecuada para la selección de un elemento virtual. El primero es mediante un intervalo de vectores en el cual se encuentra el vector del objetivo en el marcador base. Ambos vectores se comportarían como delimitadores del área donde se encuentra el objeto, en el cual la paleta deberá trasladarse para poder llevar a cabo la selección. El primer el vector corresponde a la posición mínima y el segundo a la posición máxima, los cuales son comparados con la posición de la paleta. Por ejemplo, si se tiene como intervalos:

Vector Mínimo (5, 5, 10)

Vector Máximo (5, 5, 15)

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

Posición Paleta (5, 5, 12)

Esta funcionalidad de intervalos determina, con los datos anteriores, que la paleta se encuentra en el área del objeto virtual ubicado en la base, por lo que se procede a la selección de éste. Ésta podría ser una vía rápida para determinar que la paleta puede efectuar la selección, sin embargo; en ocasiones podría tornarse tedioso determinar un intervalo preciso que cumpliera con el área que ocupa el elemento virtual dentro del sistema de coordenadas global.

Existe otra manera de conocer con un alto grado de certeza que el marcador selector está en el sitio adecuado de selección. Si se crea un volumen envolvente en forma de un cubo que encierre en su interior un objeto virtual, se puede determinar si la paleta hace contacto con éste. Para la construcción de este cubo envolvente se utiliza la propiedad *BoundingSphere* presente en los nodos de OSG, la cual limita la geometría de los mismos en una esfera. Empleando el radio de esta esfera envolvente se construye el cubo. Una vez creado éste, se toma su cuadrado inferior o su fondo y se chequea si la posición relativa del paddle hace contacto con él.

La funcionalidad de selección mediante un cubo envolvente se basa en un cálculo matemático que determina cuándo un punto está dentro de un rectángulo. Se tiene un sistema de coordenadas cartesianas 2D en el cual está representado el cuadrado inferior del cubo que encierra el objeto virtual. Los lados del cuadrado son paralelos con los ejes x y y y respectivamente y un punto que representa la traslación de la paleta (P_b) respecto a la base (Figura 20 a)). Se persigue como objetivo conocer si el P_b está en el interior del cuadrado. Se toma el punto inferior izquierdo del cuadrado (P_{ic}) y la dimensión de uno de sus lados (Figura 20). Se considera que el P_b se encuentra dentro del cubo envolvente, si se cumplen las condiciones siguientes:

$$P_{bx} > P_{icx} \quad (1)$$

$$P_{by} > P_{icy} \quad (2)$$

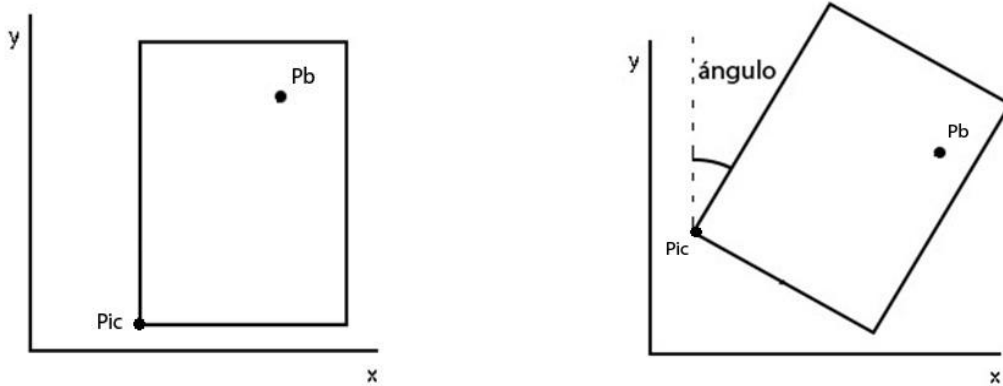
$$P_{icx} + \text{ladoc} > P_{bx} \quad (3)$$

$$P_{icy} + \text{ladoc} > P_{by} \quad (4)$$

Donde P_{bx} , P_{icx} , P_{by} , P_{icy} constituyen las coordenadas x y y del P_b y el P_{ic} antes mencionado. El lado del cuadrado está representado como ladoc . Es válido aclarar que a estas condiciones se le añade la restricción de la altura. Por tanto, si las coordenadas x y y de la paleta se encuentran en la zona indicada y su coordenada z está en el intervalo de

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

altura del cubo contenedor del elemento virtual, se procede a la selección del objeto por parte de la paleta.



a) Lados paralelos al sistema de coordenadas. b) Ángulo de rotación.

Figura 20: Parte inferior del cubo envolvente.

No obstante, pudiera suceder que el cubo tenga una rotación respecto al sistema de coordenadas, como resultado, el cuadrado inferior también tendría dicha rotación (Figura 20b). Al trazar un nuevo sistema de coordenadas imaginario en el Pic, el cálculo de la ubicación de los restantes puntos del cuadrado no es costoso, ya que se conoce la dimensión de los lados de éste. Sin embargo, las coordenadas del Pb tendrían que sufrir una modificación en sus valores para que quede situado en la posición correcta cuando el cuadrado es puesto paralelo al sistema de coordenadas original. A continuación los cálculos trigonométricos para obtener los nuevos valores del Pb:

$$x' = x \cdot \cos(\text{ángulo}) - y \cdot \sin(\text{ángulo}) \quad (5)$$

$$y' = x \cdot \sin(\text{ángulo}) + y \cdot \cos(\text{ángulo}) \quad (6)$$

Donde x' y y' constituyen las nuevas coordenadas del Pb como resultado de girar el cuadrado. La x y y corresponden al Pic y ángulo es la rotación que tenía el cuadrado inicialmente. Con el cuadrado posicionado paralelamente en el sistema coordenado y el punto con sus nuevos valores, se procede con las condiciones 1, 2, 3 y 4 mencionadas anteriormente.

Este cálculo permite verificar si uno de los cuatro puntos del cuadrado que conforma el contorno de un marcador hace contacto con el cubo que envuelve el objeto virtual que se desea seleccionar, o viceversa.

Un último criterio de selección es mediante una esfera envolvente. Utilizando la propiedad *BoundingSphere* del objeto virtual que se quiere seleccionar y creando una circunferencia

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

en el área de la herramienta física, se puede determinar cuándo ocurre el contacto de ésta con el objeto.

Para saber si dos circunferencias colisionan es necesario conocer los centros y radios de las mismas. El primer paso es calcular la distancia entre el centro de un círculo y el centro del otro círculo. Si la distancia entre los centros es menor o igual que la suma de los radios de ambos círculos, entonces existe una colisión entre ellos (Figura 21). El valor de la distancia puede ser obtenido mediante la siguiente fórmula:

$$\text{DISTANCIA} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (7)$$

Donde las coordenadas x_1 , x_2 , y_1 , y_2 pertenecen a los centros de los dos círculos.

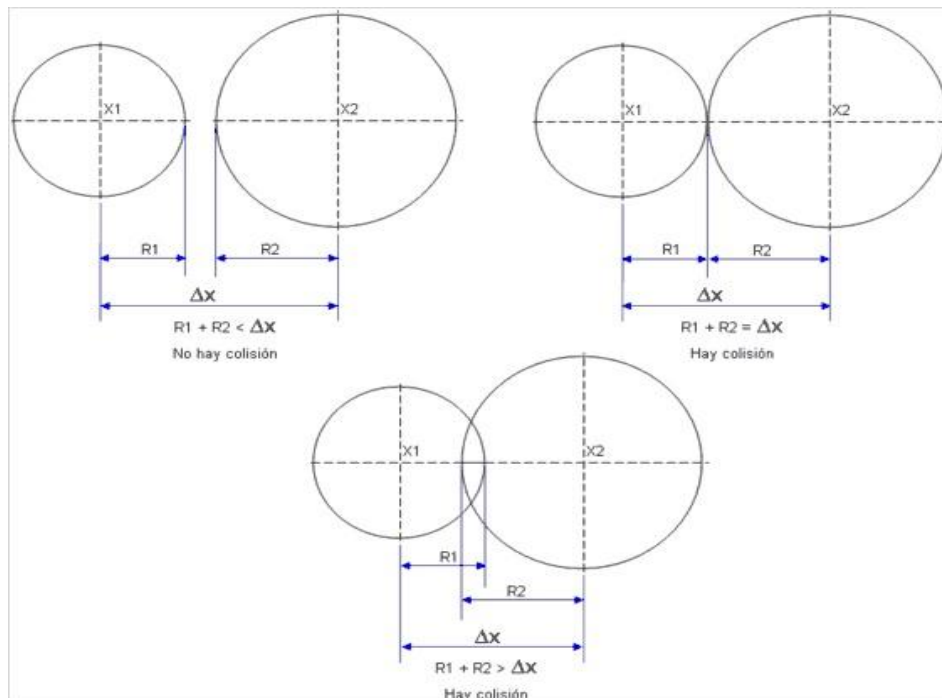


Figura 21: Colisión entre circunferencias.

Una vez que se tiene la distancia se hace la comparación con la suma de los radios como muestra la Figura 21. Si la suma es mayor o igual que la distancia significa que las circunferencias se interceptan, razón suficiente para ejecutar la selección del elemento objetivo.

Sin embargo, computacionalmente el uso de la fórmula 7 podría provocar errores de cálculo al tener que realizar una raíz cuadrada y elevar dos números al cuadrado. Este cálculo puede llegar a consumir grandes cantidades de ciclos de CPU y brindar resultados

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

inestables. Por tales motivos, se emplea un algoritmo utilizados por diversos autores del mundo de video juegos, el cual determina con mayor rapidez y precisión la distancia entre dos puntos. Este algoritmo toma los valores absolutos de la diferencia de las coordenadas de los dos centros de los círculos. Posteriormente, se toma el mínimo de estos valores y se realiza la siguiente ecuación:

$$\text{DISTANCIA} = x + y - (\text{min} \gg 1) - (\text{min} \gg 2) + (\text{min} \gg 4) \quad (8)$$

Donde x y y constituyen los valores absolutos obtenidos y min el valor mínimo de éstos. El operador \gg representa el desplazamiento de bits a la derecha del valor min calculado. Por ejemplo si min tuviera como valor 64, entonces $\text{min} \gg 2$ tiene como resultado 16, dado que $64 \gg 2$ desplaza 2 bits a la derecha de la representación binaria de 64, descartando los bits que sobran en el extremo derecho. Mediante el empleo de este algoritmo se obtienen valores de distancia más precisos y estables.

En esta sección se han visto tres casos para determinar si la herramienta de selección se encuentra en la zona indicada para tomar el objeto virtual. Cuando esto ocurre, se coloca el elemento en la paleta y es eliminado del marcador base. En la siguiente sección se muestra cómo se procede a la colocación del objeto virtual en el marcador base de la escena de RA.

2.4.2 Colocación de objetos virtuales en el marcador base

Para realizar la colocación de un objeto virtual en el marcador base se sigue el mismo criterio de la selección. Se puede interpretar como una acción de colocar cuando la traslación de la paleta que contiene el elemento virtual, se encuentre dentro de un intervalo de vectores definido como zona de ubicación en el marcador base. También similar al cuadrado que se utiliza como guía o área de selección, el componente permite que se establezca un área rectangular como espacio de colocación.

Cumpléndose cualquiera de estos criterios se puede ejecutar el posicionamiento del objeto en el marcador base. El procedimiento es lo inverso a la selección antes vista; el objeto virtual es situado en el área determinada de la base y a su vez eliminado del marcador paddle.

CAPÍTULO II: SOLUCIÓN PROPUESTA

2.5 Ventajas de las técnicas propuestas

Las técnicas de selección y colocación propuestas permiten crear una interacción dinámica entre el usuario y la escena aumentada. Éstas constituyen el principio de las técnicas avanzadas existentes o la inspiración para la creación de otras más efectivas, tales como Lentes Mágicos, sistemas de Tiles y sistemas multimodales.

La integración de algoritmos de detección de colisiones con las técnicas de interacción podría ser efectiva para aplicar cortes u otras modificaciones a los elementos virtuales. Por ejemplo, si se tiene una aplicación de Realidad Aumentada que consiste en un simulador de operaciones médicas, el uso de la paleta podría ser propicio para manipular pinzas u objetos virtuales cortantes tales como bisturí, sierras, etcétera.

En una herramienta de autor el usuario podría crear su propia escena aumentada. Teniendo una serie de objetos virtuales, podrían ser colocados a gusto en la escena mediante las técnicas de selección y colocación para luego hacer las acciones de interacción que presente la aplicación. Éstas y otras ideas le brindan a las técnicas propuestas la ventaja de ser muy útiles para la creación de escenas aumentadas interactivas y elimina el contacto directo entre un usuario y el ordenador en una aplicación de RA.

Conclusiones parciales del capítulo

En este capítulo se explicó detalladamente la solución propuesta para dar cumplimiento al objetivo principal de la investigación. Se brindó una panorámica de la configuración de una escena aumentada y la configuración de un marcador como dispositivo para interactuar con los elementos virtuales de la escena. Posteriormente se realizó la descripción de tres criterios que permiten saber cuándo se puede ejecutar la selección de un objeto virtual mediante el uso de una herramienta física, así como dos criterios para la colocación de éste en la escena.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

CAPITULO 3: Descripción de la Solución Propuesta

Introducción

En este capítulo se hace una descripción de la solución propuesta en el capítulo anterior a través de la metodología de desarrollo de software RUP y la herramienta de modelado Rational Rose. Se establecen las reglas del negocio y el modelo de dominio. Se realizará una descripción de los requisitos funcionales y no funcionales. Se definirán los casos de uso del sistema y los actores que interactúan con el mismo. Por último se realiza una descripción de cada caso de uso para su mayor comprensión.

3.1 Reglas del Negocio

- Definir el marcador base y un marcador paleta.
- Para colocar los elementos virtuales seleccionados se tiene que establecer un área de colocación en la escena.
- Los objetos virtuales tienen que estar contenidos en un área del marcador base distinta al área de colocación.

3.2 Modelo de Dominio

En la Figura 22 se describe el negocio mediante un modelo de dominio para facilitar el entendimiento de su funcionamiento.

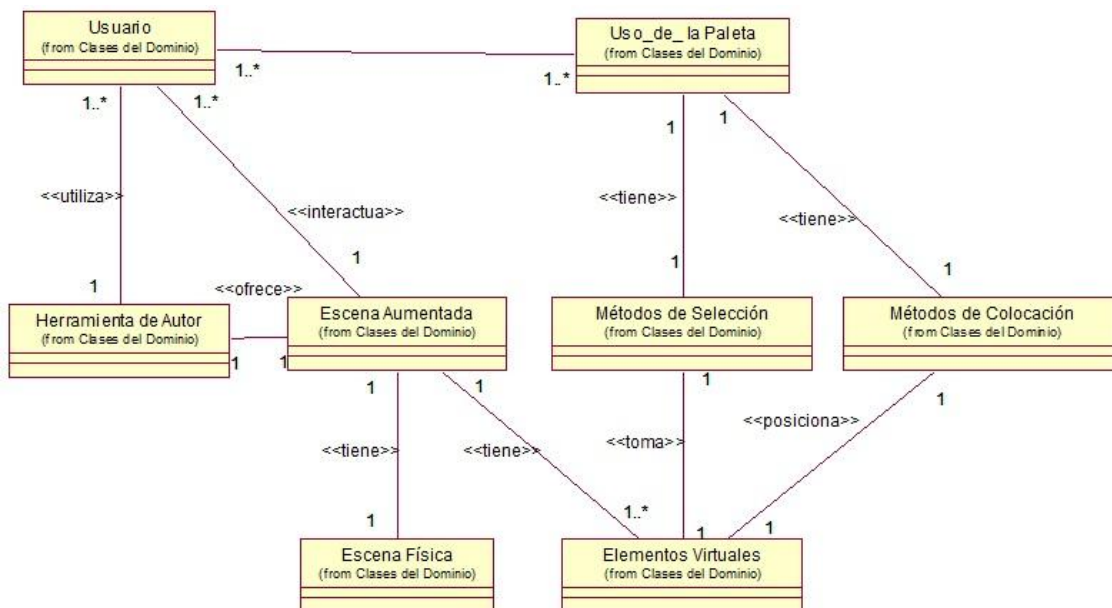


Figura 22: Modelo del Dominio.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

3.2.1 Glosario de Términos del Dominio

Para lograr un mayor entendimiento del modelo de dominio, se describe a continuación el significado de los elementos expuestos en éste:

Usuario: Cualquier persona que interactúe con la escena de Realidad Aumentada.

Herramienta de Autor: Aplicación informática que ofrece una escena aumentada generada por la configuración estimada del usuario. Actúa como intermediario en la interacción entre el usuario y la escena de RA gestionando el funcionamiento de los métodos de selección, colocación y la proximidad entre marcadores.

Escena Aumentada: Escena que se visualiza por la pantalla del ordenador, la cual contiene una escena física enriquecida con elementos virtuales.

Escena Física: Escena de un contexto real tomada por el dispositivo de captura de video.

Elementos Virtuales: Objetos Virtuales insertados o existentes en la escena de la aplicación.

Uso de la Paleta: Técnica de interacción, la cual puede ejecutar los métodos de selección o los métodos de colocación.

Métodos de Selección: Métodos que permiten mediante el uso de la paleta, seleccionar un elemento virtual posicionado en la escena aumentada.

Métodos de Colocación: Métodos que permiten colocar el elemento virtual situado en la paleta, en el marcador base de la escena aumentada.

3.3 Captura de Requisitos

La captura de requisitos es una de las actividades del proceso de desarrollo de requisitos. En esta actividad se identifican las capacidades, condiciones y restricciones que debe tener un software. A continuación se muestran los requisitos funcionales y no funcionales identificados.

3.3.1. Requisitos Funcionales

Los requisitos funcionales son capacidades o funciones que el sistema debe cumplir. A continuación se presentan los requerimientos del módulo a desarrollar.

R.1 Selección de elementos virtuales.

R.1.1 Verificar si la paleta está en el área de selección.

R.1.2 Copiar elemento virtual en la paleta.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

R.1.3 Eliminar elemento virtual del marcador base.

R.2 Colocación de elementos virtuales.

R.2.1 Verificar si la paleta está en el área de colocar.

R.2.2 Copiar elemento virtual en el marcador base.

R.2.3 Eliminar elemento virtual de la paleta.

3.3.2. Requisitos No Funcionales

A continuación se reflejan las cualidades o propiedades que el producto debe tener para lograr características que lo hagan rápido, confiable, atractivo, usable y seguro, etc. Seguidamente se enumeran los requisitos no funcionales (R.N.F) del componente a desarrollar.

R.N.F de Usabilidad:

- El usuario que interactúe con una escena aumentada de una aplicación que haga uso del componente propuesto, no necesariamente debe tener conocimientos del funcionamiento de éste.

R.N.F de Seguridad:

- Confidencialidad: Mostrar mensajes de error en caso de que el usuario intente configurar un mismo marcador como marcador paleta y marcador base.
- Integridad: Prevenir posibles fallos y recuperarse ante la afectación de uno de éstos.
- Disponibilidad: Se debe garantizar que las interacciones que se produzcan presenten el mayor realismo posible.

R.N.F de Software:

- Sistema Operativo Windows o cualquier distribución de Linux.

R.N.F de hardware:

- Procesador Pentium 4 a 3.0 GHz o superior.
- 1GB de Memoria RAM.
- Espacio en disco duro de 512 Mb.

R.N.F de apariencia o interfaz externa:

- La interfaz propuesta debe ser lo más atractiva y fácil de usar para el usuario, implicando que todas las funcionalidades faciliten la interactividad en tiempo real.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

R.N.F de restricciones en el diseño e implementación:

- Se utilizará el lenguaje de programación C++ empleando el paradigma orientado a objetos. Se hará uso de la biblioteca de desarrollo de software OSGART, con la versión igual o superior a 2.0.

3.4. Modelo de Casos de Uso del Sistema

En esta sección se reconocen los actores del sistema, así como los casos de uso del componente a desarrollar.

3.4.1. Actores del Sistema

Los actores del sistema son agentes externos, que pueden cambiar información con él. Pueden representar el rol que juega una o varias personas, un equipo o sistema automatizado. En este caso particular quien hará uso del sistema será cualquier persona que, como actor del sistema, será llamado usuario. En la Tabla 1 se justifica la selección de este actor.

Actores	Justificación
Usuario	El usuario es quien interactúa con el sistema para ejecutar las funcionalidades de: Seleccionar o Colocar elementos virtuales en la escena aumentada.

Tabla 1: Actor del Sistema.

3.4.2. Diagrama de Casos de Uso del Sistema

El diagrama de casos de uso del sistema representa una técnica para la captura de requisitos potenciales de un nuevo sistema o una actualización de software. Cada caso de uso proporciona uno o más escenarios que indican cómo debería interactuar el sistema con el usuario o con otro sistema para conseguir un objetivo específico. En la Figura 23 se muestra el diagrama de casos de uso del sistema para el componente en cuestión.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

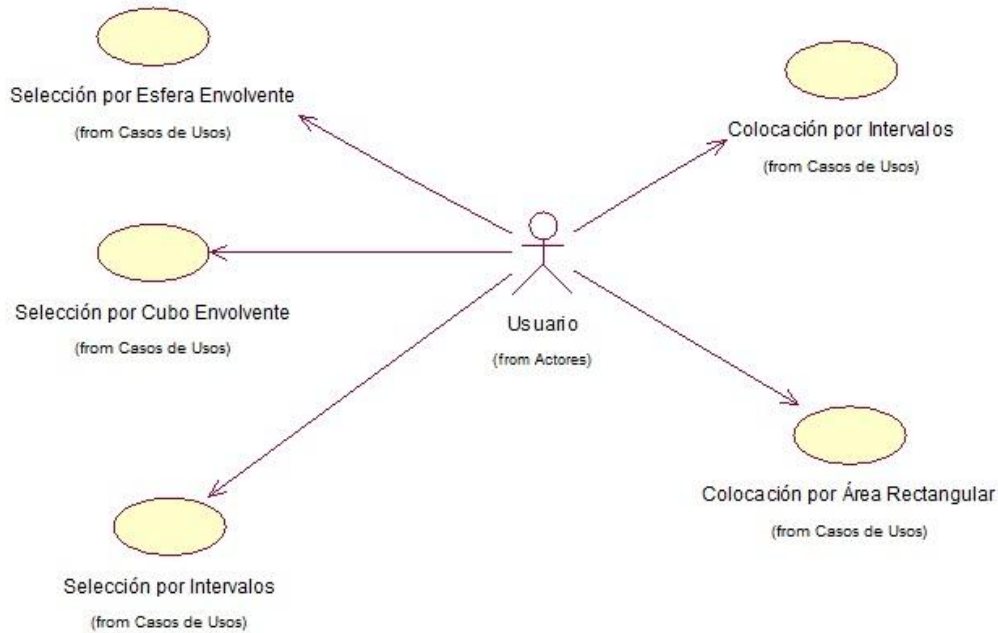


Figura 23: Diagrama de Casos de Usos.

3.4.3. Descripción de los Casos de Uso

Cada caso de uso tiene una descripción de los pasos que ejecutará el sistema propuesto como respuesta a las acciones del usuario. La *selección por intervalos* describe los pasos del caso de uso *selección por intervalos*.

Caso de Uso:	Selección por Intervalos
Actor:	Usuario
Propósito:	Seleccionar por medio de un marcador paleta los elementos virtuales situados en el marcador base de la escena mediante el método de intervalos.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario opta por la opción seleccionar por intervalos . Se verifica si la posición de la paleta está contenida dentro del intervalo de vectores donde se encuentra el objeto virtual, se selecciona el objetivo y se elimina de la base.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Referencia:	R.1, R.1.1, R.1.2, R.1.1.3	
CU asociados:		
Precondiciones:	Se conoce la posición de cada elemento en la escena, así como la posición de la herramienta de selección.	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. Ordena la opción seleccionar por intervalos.	<p>1.1. Encierra los elementos virtuales de la escena en intervalos de vectores.</p> <p>1.2. Toma la posición del marcador y verifica si se encuentra dentro de alguno de los intervalos de vectores que encierra los elementos virtuales.</p> <p>1.3. Se copia el elemento en el marcador paleta.</p> <p>1.4. Se elimina el elemento del marcador base.</p>	
Flujos Alternos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
Post condiciones:		
Prioridad:	Crítico	

Tabla 2: Descripción del CU Selección por intervalos.

La siguiente Tabla 3 describe los pasos del caso de uso *selección por Cubo Envolvente*.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Caso de Uso:	Selección por Cubo Envolvente	
Actor:	Usuario	
Propósito:	Seleccionar por medio de un marcador paleta los elementos virtuales situados en el marcador base de la escena mediante el método de cubo envolvente.	
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario elige la opción seleccionar por cubo envolvente . Se verifica si la posición de la paleta está contenida dentro del cubo envolvente que encierra el objeto virtual, se procede a la selección de éste y se elimina de la base.	
Referencia:	R.1, R.1.1, R.1.2, R.1.1.3	
CU asociados:		
Precondiciones:	Se conoce la posición de cada elemento en la escena, así como la posición de la herramienta de selección.	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. Ordena la opción seleccionar por cubo envolvente.	1.1 Encierra los elementos virtuales de la escena en cubos envolventes. 1.2 Toma un punto del marcador y verifica si se encuentra dentro de alguno de los cubos envolventes que contienen los elementos virtuales. 1.3 Se copia el elemento en el marcador paleta. 1.4 Se elimina el elemento del marcador base.	

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Flujos Alternos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Post condiciones:	
Prioridad:	Crítico

Tabla 3: Descripción del CU Selección por Cubo Envolvente.

El caso de uso *Selección por Esfera Envolvente* es descrito a continuación en la Tabla 4.

Caso de Uso:	Selección por Esfera Envolvente
Actor:	Usuario
Propósito:	Seleccionar por medio de un marcador paleta los elementos virtuales situados en el marcador base de la escena mediante el método de esfera envolvente.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario opta por la opción seleccionar por esfera envolvente . Se verifica si la posición de la paleta está contenida dentro de la esfera envolvente que encierra el objeto virtual, se procede a la selección de éste y se elimina de la base.
Referencia:	R.1, R.1.1, R.1.2, R.1.1.3
CU asociados:	
Precondiciones:	Se conoce la posición de cada elemento en la escena, así como la posición de la herramienta de selección.
Flujo Normal de Eventos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

<p>1. Ordena la opción seleccionar por esfera envolvente.</p>	<p>1.1 Encierra los elementos virtuales de la escena en esferas envolventes.</p> <p>1.2 Toma un punto del marcador y verifica si se encuentra dentro de alguna de las esferas envolventes que contienen los elementos virtuales.</p> <p>1.3 Se copia el elemento en el marcador paleta.</p> <p>1.4 Se elimina el elemento del marcador base.</p>
Flujos Alternos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Post condiciones:	
Prioridad:	Crítico

Tabla 4: Descripción del CU Selección por Esfera Envolvente.

En la Tabla 5 se exponen los pasos del caso de uso *Colocación por Intervalos*.

Caso de Uso:	Colocación por Intervalos
Actor:	Usuario
Propósito:	Colocar los elementos virtuales situados en el marcador paleta en el marcador base de la escena aumentada.
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario toma la opción colocar por intervalos . El actor establece un intervalo de vectores que actuará como área de colocación. Se verifica si la posición de la paleta se encuentra dentro del área de colocación.

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Referencia:	R.2, R.2.1, R.2.2, R.2.2.3	
CU asociados:		
Precondiciones:	Se conoce el área de colocación en la escena, así como la posición de la herramienta de selección.	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. Ordena la opción colocar por intervalos.	1.1 Le pide el intervalo de vectores que conformará el área de colocación en el marcador base.	
2. Define el intervalo de vectores.	<p>2.1 Verifica que el área definida no coincida con el área de selección.</p> <p>2.2 Verifica si la posición del marcador se encuentra dentro del intervalo de colocación.</p> <p>2.3 Se copia el elemento en el marcador base.</p> <p>2.4 Se elimina el elemento del marcador paleta.</p>	
Flujos Alternos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Post condiciones:	
Prioridad:	Crítico

Tabla 5: Descripción del CU Colocación por Intervalos

Seguidamente se describen los pasos del caso de uso *Colocación por Área Rectangular* en la Tabla 6.

Caso de Uso:	Colocación por Área Rectangular	
Actor:	Usuario	
Propósito:	Colocar los elementos virtuales situados en el marcador paleta en el marcador base de la escena aumentada.	
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario opta por la opción colocar por área rectangular . El actor establece un área rectangular que ejercerá como área de colocación. Se verifica si la posición de la paleta se encuentra dentro del área de colocación.	
Referencia:	R.2, R.2.1, R.2.2, R.2.2.3	
CU asociados:		
Precondiciones:	Se conoce el área de colocación en la escena, así como la posición de la herramienta de selección.	
Flujo Normal de Eventos		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1. Ordena la opción colocar por intervalos.	1.1 Solicita un área rectangular como zona de colocación en el marcador base.	
2. Define el área rectangular.	2.1 Verifica que el área definida no coincida con el área de selección.	

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

	<p>2.2 Verifica si la posición del marcador se encuentra dentro del lugar establecido.</p> <p>2.3 Se copia el elemento en el marcador base.</p> <p>2.4 Se elimina el elemento del marcador paleta.</p>
Flujos Alternos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
Post condiciones:	
Prioridad:	Crítico

Tabla 6: Descripción del CU Colocación por Área Rectangular.

Conclusiones parciales del capítulo

En este capítulo se realizó la descripción de la solución propuesta empleando la metodología seleccionada (RUP). Esto permitió mostrar el funcionamiento del componente desarrollado. Se establecieron los requisitos funcionales y no funcionales, que se deben cumplir para lograr el óptimo rendimiento del componente. Finalmente se plantearon los casos de uso del sistema y la descripción de cada uno para lograr una mayor comprensión de éstos.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

CAPÍTULO 4: Diseño e Implementación

Introducción

En este capítulo se exponen los aspectos fundamentales del diseño e implementación de la solución propuesta. Se realiza el diagrama de clases del diseño, diagramas de secuencia y el diagrama de componente.

4.1 Diagrama de Clases del Diseño

A continuación se muestra el diagrama de clases del diseño del componente (figura 24).

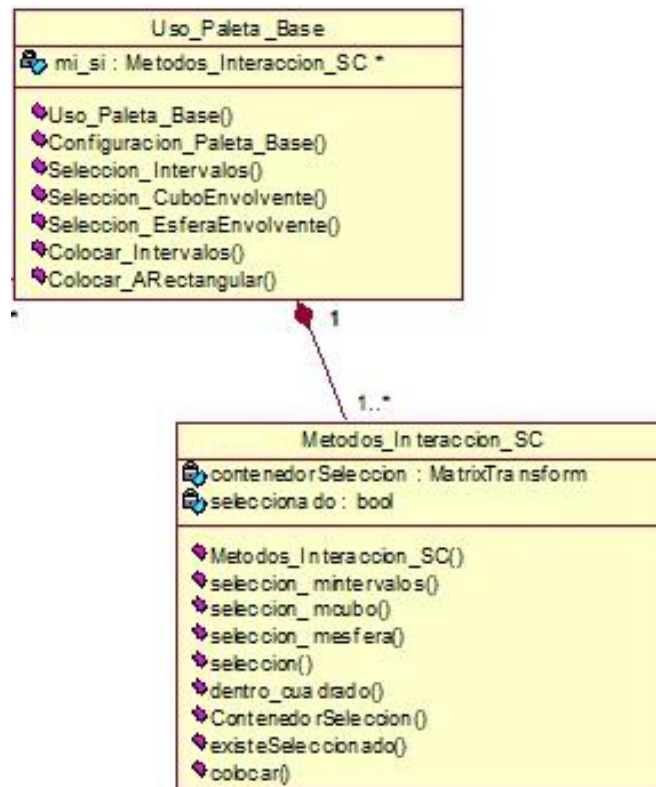


Figura 24: Diagrama de clases del diseño del componente.

En el Anexo 2 de esta investigación se muestra el diagrama de clases del diseño del componente integrado con la Herramienta de Autor.

4.2 Descripción de clases de diseño

En las tablas que siguen se brinda una descripción de los atributos y métodos de las clases `Uso_Paleta_Base` y `Métodos_Interacción_SC` presentes en el diagrama de clases del diseño visto anteriormente:

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Nombre: Uso_Paleta_Base	
Tipo de clase: Controladora	
Atributo	Tipo
mi_si	Métodos_Interacción_SC
Responsabilidades:	
Nombre:	Configuración_Base_Paleta ()
Descripción:	Tiene la responsabilidad de configurar el marcador paleta y el marcador base para mediante el uso de la paleta puedan ejecutarse los métodos de interacción.
Nombre:	Selección_Intervalos ()
Descripción:	Se encierran los elementos virtuales en intervalos de vectores y se llama el método selección_mintervalos() de la clase Métodos_Interacción_SC preguntando si la posición de la paleta se encuentra dentro de alguno de los intervalos definidos. Se elimina el elemento virtual que cumpla con esta condición del marcador base.
Nombre:	Selección_CuboEnvolvente ()
Descripción:	Se encierran los elementos virtuales en cubos envolventes y se llama el método selección_mcubo() de la clase Métodos_Interacción_SC preguntando si la posición de la paleta se encuentra dentro de alguno de los cubos definidos. Se elimina el elemento virtual que cumpla con esta condición del marcador base.
Nombre:	Selección_EsferaEnvolvente ()
Descripción:	Se encierran los elementos virtuales en esferas envolventes y se llama el método selección_mesfera() de la clase Métodos_Interacción_SC preguntando si la posición de la paleta se encuentra dentro de alguna de las esferas definidas. Se elimina el

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

	elemento virtual que cumpla con esta condición del marcador base.
Nombre:	Colocar_Intervalos ()
Descripción:	Sitúa el elemento virtual del marcador paleta en la base si la posición de la paleta se encuentra dentro del área de colocación definido en el marcador base.
Nombre:	Colocar_ARectangular ()
Descripción:	Sitúa el elemento virtual del marcador paleta en la base si la posición de la paleta se encuentra dentro del área rectangular de colocación definida en el marcador base.

Tabla 7: Descripción de la clase de diseño Uso_Paleta_Base.

Nombre: Métodos_Interacción_SC	
Tipo de clase: Controladora	
Atributo	Tipo
contenedor_selección	MatrixTransform
seleccionado	bool
Responsabilidades:	
Nombre:	Métodos_Interacción_SC ()
Descripción:	Constructor de la clase, donde se inicializan todos sus atributos.
Nombre:	selección()
Descripción:	Posiciona un elemento virtual en la herramienta de selección y lo elimina del marcador base.
Nombre:	selección_mintervalos ()
Descripción:	Verifica que la paleta esté en un intervalo de selección dado, en caso positivo se procede a la selección del elemento virtual de la base.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Nombre:	selección_mcubo ()
Descripción:	Chequea que uno o varios puntos dados del marcador paleta estén dentro del cubo envolvente que encierra un objeto virtual. Si se cumple la condición, se ejecuta la selección del objeto virtual de la base.
Nombre:	selección_mesfera ()
Descripción:	Comprueba si la esfera que encierra el elemento virtual colisiona con la circunferencia que envuelve el marcador selector. En caso verdadero, se efectúa la selección del objeto virtual de la base.
Nombre:	dentro_cuadrado()
Descripción:	Dado un punto, comprueba si se encuentra dentro de un cuadrado.
Nombre:	ContenedorSelección()
Descripción:	Retorna el atributo <i>contenedor_selección</i> , el cual contiene el elemento que se ha seleccionado.
Nombre:	existeSeleccionado()
Descripción:	Devuelve el atributo booleano <i>seleccionado</i> .
Nombre:	colocar()
Descripción:	Tiene la responsabilidad de colocar el elemento virtual que se encuentre en la paleta en el área de colocación definida en la escena.

Tabla 8: Descripción de la clase de diseño Métodos_Interacción_SC.

4.3 Diagramas de Secuencia

Un diagrama de secuencia muestra las interacciones entre objetos ordenados en secuencia temporal; muestra los objetos que se encuentran en el escenario y la secuencia de mensajes intercambiados entre los objetos para llevar a cabo la funcionalidad descrita por el escenario.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Los diagramas de secuencia guían al programador durante la fase de implementación. A continuación se exponen los mismos:

En la Figura 25 se muestra el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso Selección por Intervalos descrito en la Tabla 2 de este documento.

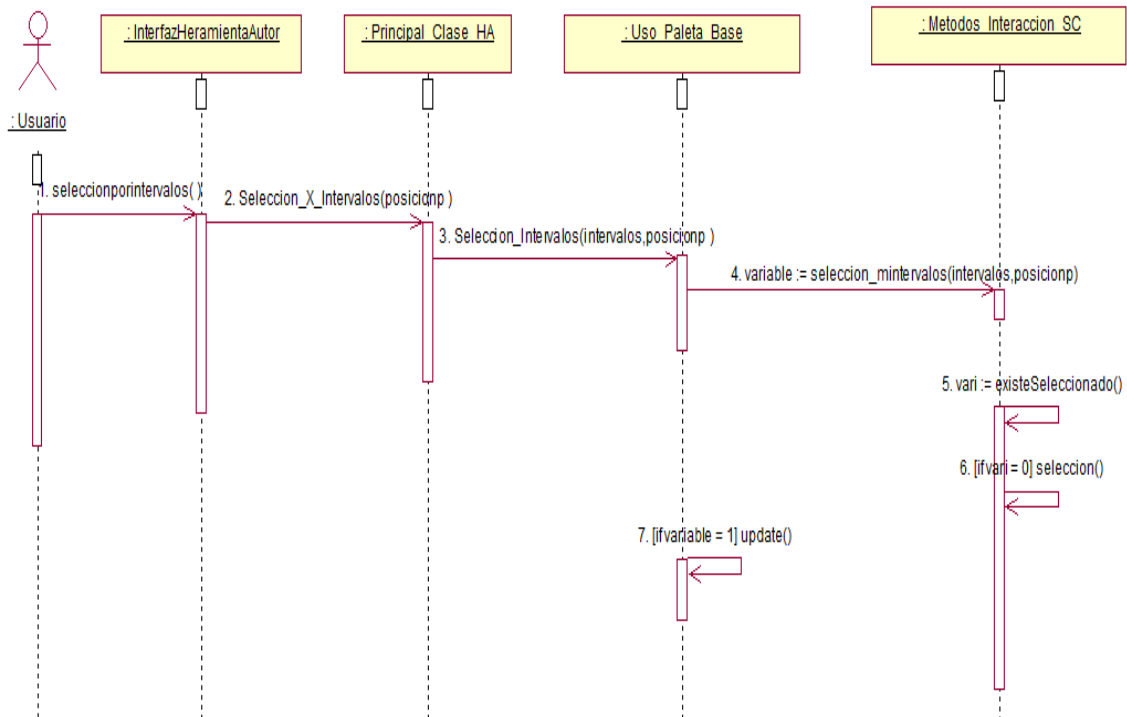


Figura 25: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Selección por Intervalos

En la siguiente figura se expone el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso Selección por Cubo Envolvente descrito en la Tabla 3 del capítulo anterior.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

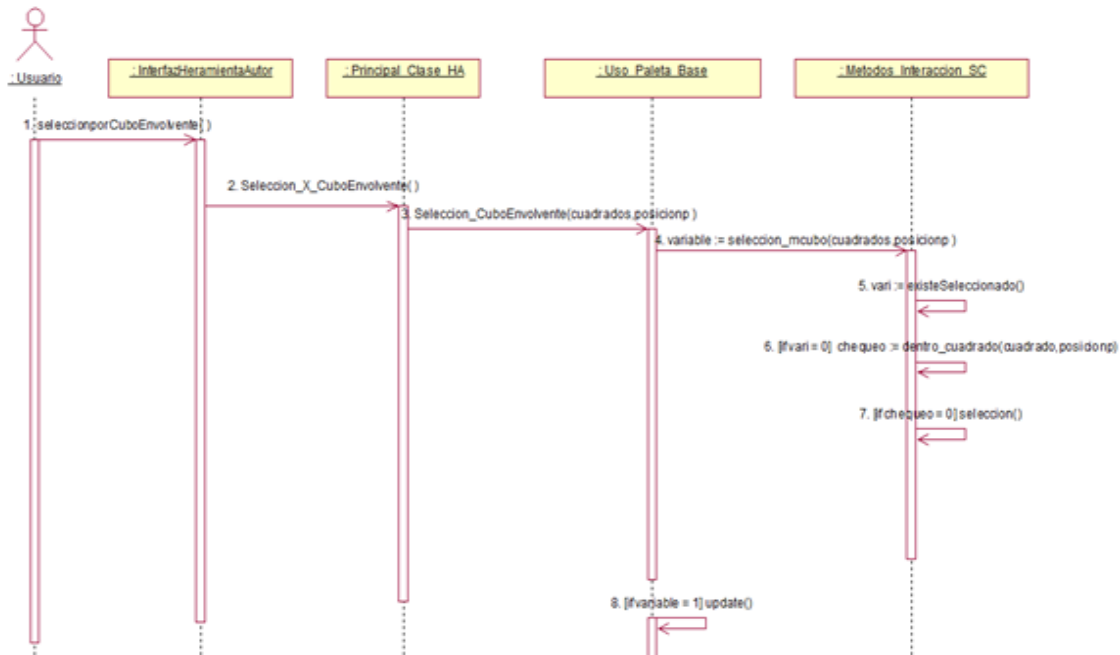


Figura 26: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Selección por Cubo Envolvente.

La figura que se muestra a continuación corresponde al diagrama de secuencia del caso de uso Selección por Esfera Envolvente descrito en la Tabla 4 del capítulo anterior.

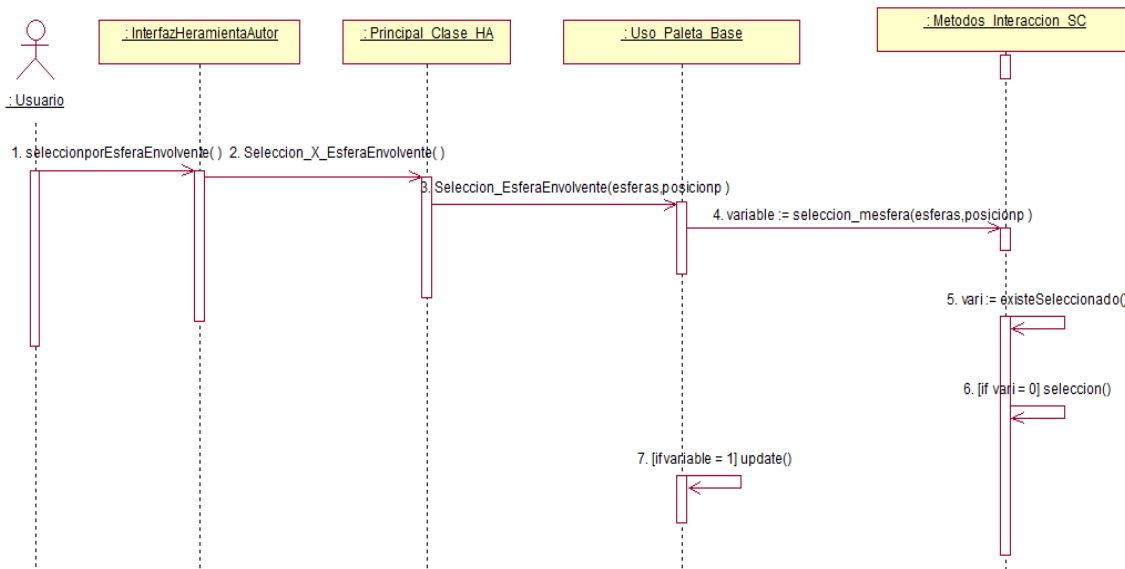


Figura 27: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Selección por Esfera Envolvente.

A continuación se muestra el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso Colocación por Intervalos descrito en la Tabla 5 de este trabajo.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

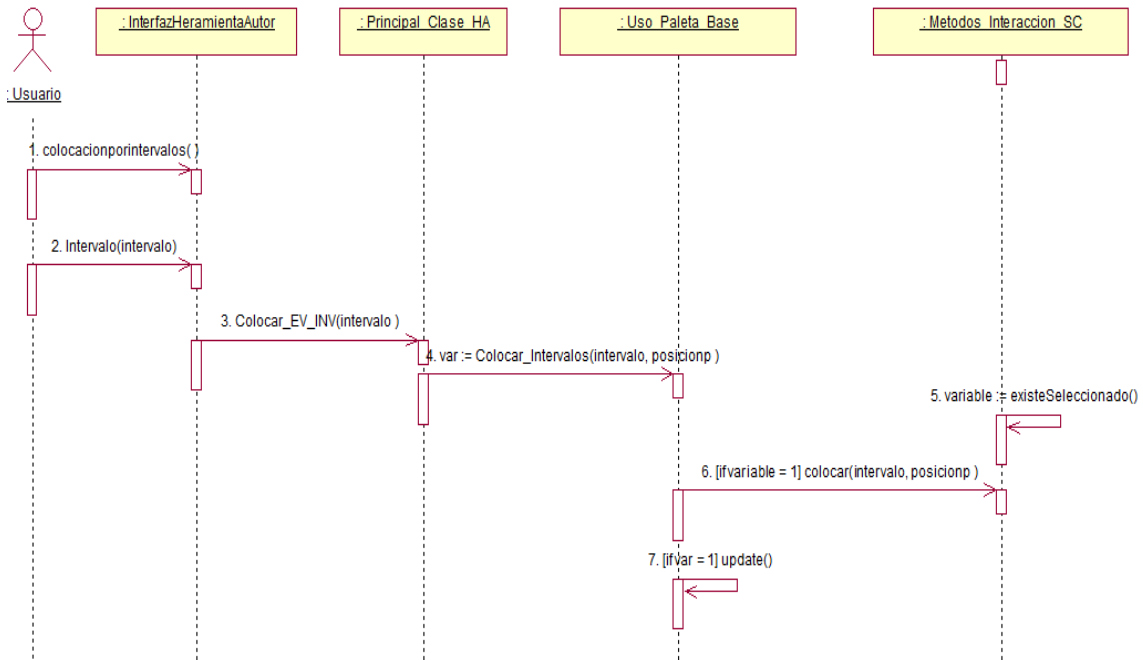


Figura 28: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Colocación por Intervalos.

En la Figura 29 se muestra el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso Colocación por Área Rectangular descrito en la Tabla 6 del capítulo 3.

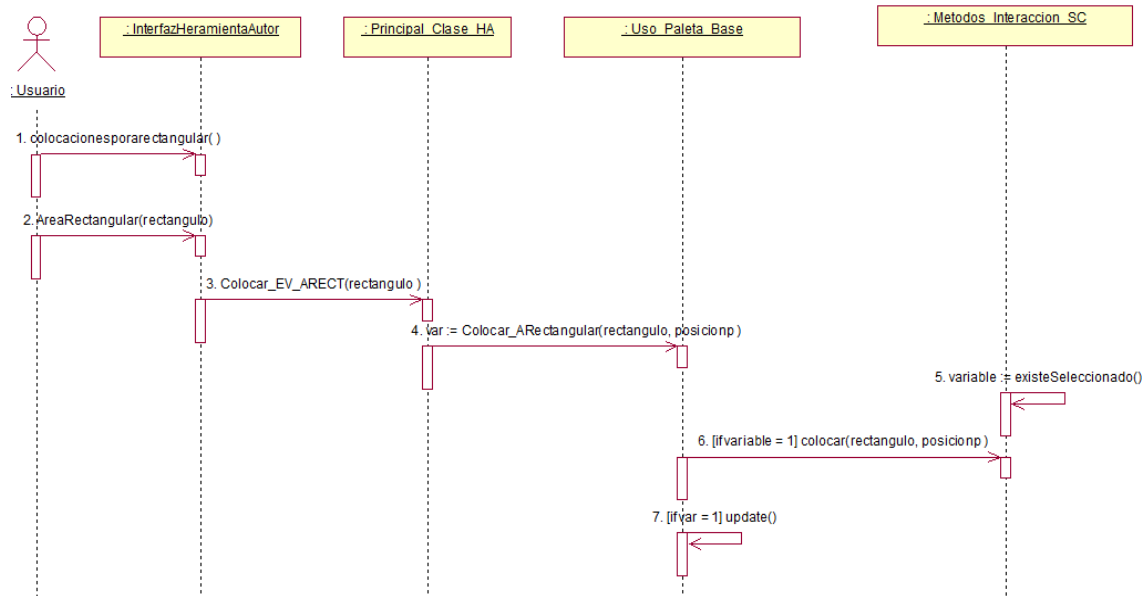


Figura 29: Diagrama de secuencia del diseño. Caso de uso Colocación por Área Rectangular.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4.4. Diagrama de Componentes

Las clases resultantes del análisis y el diseño se hacen físicamente mediante componentes. A continuación se muestra la relación que hay entre estos componentes.

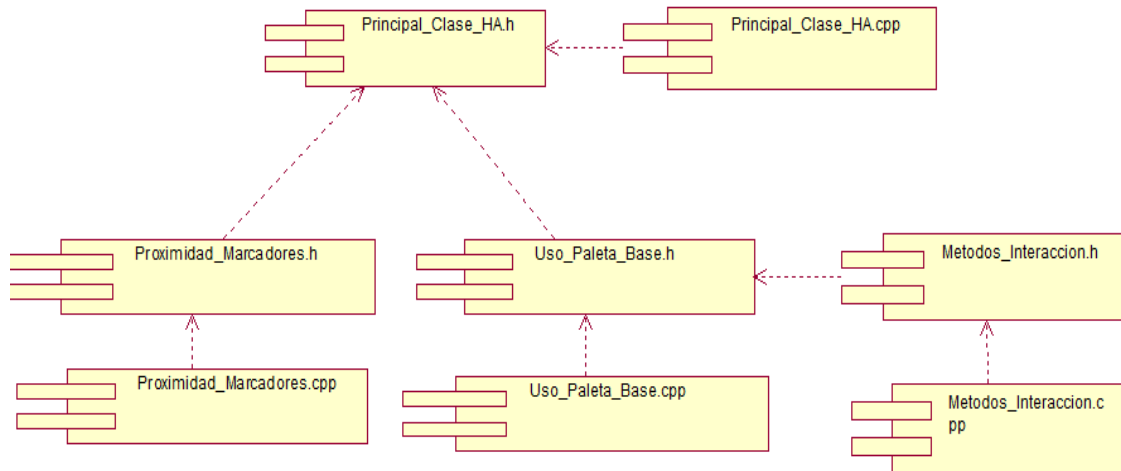


Figura 30: Diagrama de Componentes.

4.5 Valoración de los Resultados

A continuación se realiza una valoración de los resultados obtenidos del componente desarrollado. Para esta evaluación se creó una escena aumentada empleando la Herramienta de Autor. Como muestra la Figura 31, se insertaron varios elementos virtuales en un multimarcador, el cual actúa como marcador base. Se utilizó un marcador de 80 mm como marcador paleta.

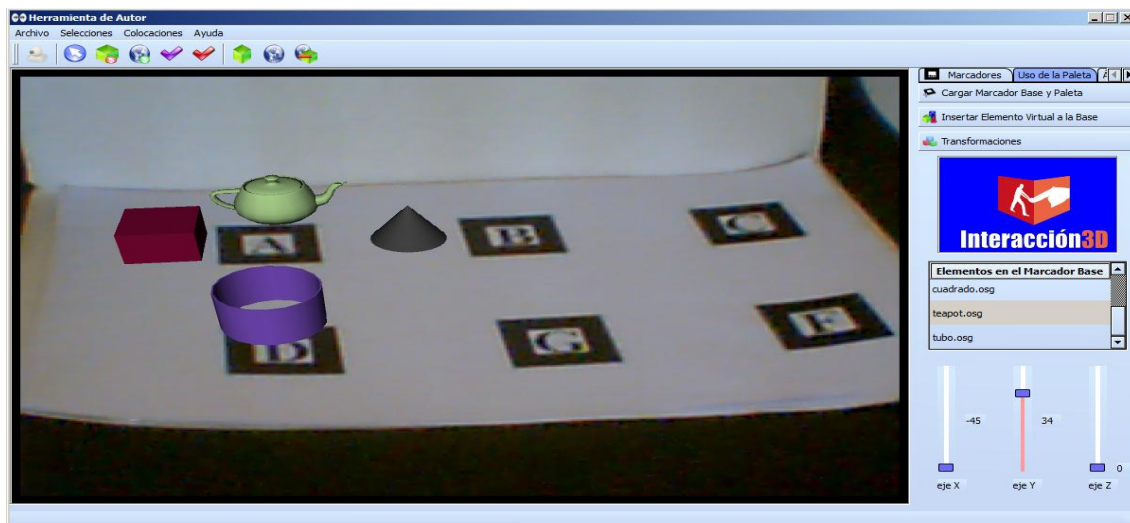


Figura 31: Escena Aumentada creada en la Herramienta de Autor

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

Variantes y parámetros de evaluación.

La Tabla 9 está compuesta por dos campos de los cuales el primero representa el número o ID del Caso de evaluación, la segunda columna corresponde a la variante a la cual se le realizará la evaluación.

ID del Caso	Variante a evaluar
1	Selección por Intervalos
2	Selección por Cubo Envolvente
3	Selección por Esfera Envolvente
4	Colocación por Intervalos
5	Colocación por Área Rectangular

Tabla 9: Variantes a evaluar en la escena aumentada.

Parámetros establecidos para la evaluación de cada una de las variantes.

- Tiempo de demora: Milisegundos que demora en posicionarse el objeto virtual en el marcador base o en el marcador paleta.
- Precisión: Porcentaje de exactitud en la acción de la variante por vía óptica. Valor máximo 100 %, mínimo 1%.

Evaluación

Para la evaluación se realizaron varias pruebas a cada una de las variantes de selección y colocación desarrolladas. De cada caso se tomó el promedio del valor de las pruebas realizadas en cuanto a los parámetros establecidos anteriormente. Los valores de precisión fueron tomados de criterios emitidos por el usuario tras ejecutar cada acción. A continuación se exponen los resultados obtenidos en la Tabla 10.

ID del Caso	Tiempo de demora (ms)	Precisión (%)
1	25	97
2	24	98

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3	22	98.5
4	25	97
5	25	96

Tabla 10: Resultados obtenidos de la evaluación de las variantes.

Los resultados en la tabla anterior muestran una rápida respuesta del sistema ante las acciones de las variantes desarrolladas, así como una alta precisión óptica por parte del usuario en cuanto a la selección y colocación de los elementos virtuales en la escena. De esta forma queda evidenciado el correcto funcionamiento de las técnicas. Para mayor detalle de las pruebas realizadas ver Anexo 1.

Conclusiones parciales del capítulo

En este capítulo se realizó el diagrama de diseño del sistema y la descripción de cada una de las responsabilidades de las operaciones que presentan las clases. Esto permitió tener una comprensión general del funcionamiento del componente desarrollado, así como los diagramas de secuencia en correspondencia con cada uno de los casos de uso. Lo anterior facilitó la implementación y perfeccionamiento del componente propuesto. Por último se evaluaron los resultados obtenidos demostrando el correcto funcionamiento de las técnicas desarrolladas.

CONCLUSIONES GENERALES

La realización de esta investigación permitió integrar un componente de interacción tangible a la Herramienta de Autor de la Línea de Núcleo Gráfico del Departamento de Visualización y Realidad Virtual, cumpliéndose así, todos los objetivos trazados en ésta, lo cual es reflejado en las siguientes conclusiones:

- Se hizo una descripción de las principales técnicas de interacción tangible que existen en el mundo, permitiendo definir las técnicas de solución más adecuadas a utilizar.
- Se desarrollaron tres variantes de selección que permiten la toma mediante un marcador selector de los elementos virtuales situados en el marcador base de la escena aumenta, así como la posterior colocación de éstos en zonas definidas en la base.
- Mediante las técnicas desarrolladas se logró una manipulación directa y realista con los elementos virtuales de una escena aumentada por parte de un usuario.

RECOMENDACIONES

La interacción tangible en la Realidad Aumentada es un tema ambicioso y lleno de retos con el propósito de lograr escenas más dinámicas entre los usuarios y los elementos virtuales. Con este trabajo se logró un reto importante, sin embargo, para su perfeccionamiento y adición de nuevas técnicas se proponen las siguientes recomendaciones:

- Combinar las técnicas desarrolladas con algoritmos de detección de colisiones para hacer uso de herramientas virtuales en la selección y colocación de elementos 3D, así como cortes u otras deformaciones a la geometría de éstos.
- Investigar otras variantes que sirvan como criterios de selección, tales como el contacto del marcador paleta con los vértices o polígonos que conforman los objetos virtuales.
- Indagar el contenido de Lentes Mágicos para la utilización de éstos en un contexto de Realidad Aumentada.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. **Herrero, Manuel Ibáñez.** *Realidad Aumentada:ARToolKit para animación.* Valencia : Universidad Politécnica.
2. *A Motion-Stabilized Outdoor Augmented Reality System.* **Ronald Azuma, Bruce Hoff, Howard Neely III, Ron Sarfaty.** 252-259, HRL Laboratories : Proceedings of IEEE Virtual Reality '99, Houston, TX, 13-17 March 1999.
3. **Bentley, Troy.** Augmented Reality. *Kennedy Space Center.* [En línea] 11 de Septiembre de 2000. [Citado el: 10 de Mayo de 2011.] <http://science.ksc.nasa.gov/payload/projects/borg/areal.html>.
4. Wikitude. *Wikitude Driver: Never take your eyes off the road again.* [En línea] 20 de Diciembre de 2010. [Citado el: 11 de Mayo de 2011.] <http://www.wikitude.org/en/drive>.
5. **DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA.** Real Academia Española. [En línea] [Citado el: 8 de Mayo de 2011.] http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=interacci%C3%B3n.
6. Augmented Interaction: The World Through the Computer. *Sony CSL.* [En línea] Sony Computer Science Laboratories. [Citado el: 14 de Mayo de 2011.] <http://ftp.csl.sony.co.jp/person/rekimoto/navi.html>.
7. *ARWin - A Desktop Augmented Reality Window.* **Stephen DiVerdi, Daniel Nurmi, Tobias H"ollerer.** Department of Computer Science, University of California, Santa Bárbara : Proceedings of ISMAR'03 International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003.
8. Asociación Interacción Persona-Ordenador. *Estilos y paradigmas.* [En línea] 4 de Mayo de 2002. [Citado el: 7 de Mayo de 2011.] www.aipo.es/libro/transpas/estpar_lsi.ppt.
9. **Mark Billinghurst, Raphael Grasset , Julian Looser , Hartmut Seichter , Andreas Duenser.** MagicBook. [En línea] HitLabNZ, Febrero de 2008. [Citado el: 13 de Mayo de 2011.] <http://www.hitlabnz.org/MagicBook>.
10. *Virtual Object Manipulation on a Table-Top AR Environment.* **H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, K. Tachibana.** University Hiroshima, University Washington, ATR MIC Laboratories : Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality (ISAR), 2000.
11. *Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications.* **Gun A. Lee, Claudia Nelles, Mark Billinghurst, Gerard Jounghyun Kim.** Human Interface Technology Laboratory New Zealand, Pohang University of Science and Technology : Proceedings of the IEEE, 2004.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

12. **Mileydi Moreno Mirabal, Ernesto de la Cruz Guevara Ramírez.** *Localización de objetos virtuales en el mundo real con técnicas de Realidad Aumentada.* Ciudad de la Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2008.
13. *Developing a Generic Augmented-Reality Interface.* **Ivan Poupyrev, Desney S. Tan, Mark Billinghurst, Hirokazu Kato, Holger Regenbrecht, Nobuji Tetsutani.** University Washington, University Hiroshima : Proceedings of the IEEE, 2002.
14. **Duenser, Andreas.** Mathematics and Computing. [En línea] 23 de Julio de 2008. [Citado el: 2 de Mayo de 2011.] <http://mcs.open.ac.uk/pervasive/pdfs/duenserEdutainment07.pdf>.
15. *Multimodal Interaction with a Wearable Augmented Reality System.* **Mathias Kölsch, Ryan Bane, Tobias Höllerer, Matthew Turk.** Naval Postgraduate School, Microsoft Corporation, University of California, Santa Barbara : Proceedings of the IEEE, 2006.
16. *Collaborating with a Mobile Robot: An Augmented Reality Multimodal Interface.* **Scott A. Green, XioaQi Chen, Mark Billinghurst, J. Geoffrey Chase.** New Zealand : University of Canterbury, 2008.
17. *"Move the Couch Where?" : Developing an Augmented Reality Multimodal Interface.* **Sylvia Irawati, Scott Green, Mark Billinghurst, Andreas Duenser, Heedong Ko.** New Zealand : University of Canterbury, 2006.
18. **Looser, Julian.** *AR Magic Lenses: Addressing the Challenge of Focus.* New Zealand : University of Canterbury, 2007.
19. **Yenia Ramirez Noel, Alianna Acosta Gispert.** *Propuesta de Mejora de CMMI Nivel 2 de Madurez para Proyectos de Desarrollo Ágil con metodología eXtreme Programming en la Universidad de Ciencias Informáticas.* Ciudad de la Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.
20. **Yalina Arias Nápoles, Yulien Martínez Conde.** *Adaptación de Microsoft Solutions Framework Agile (MSF Ágil) al proceso de desarrollo de videojuegos.* Ciudad de la Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2008.
21. **Elizabeth De la Cruz Rodríguez, Dalianny Guzmán Hernández.** *Propuesta de herramienta CASE para los proyectos del Centro de Desarrollo de Informática Industrial.* Ciudad de la Habana : Universidad de las Ciencias Informáticas, 2010.
22. **ARTOOLWORKS.** *Products.* [En línea] ARTOOLWORKS. Inc, 2011. [Citado el: 10 de Mayo de 2011.] <http://www.artoolworks.com/products/>.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

23. ARTOOLWORKS. *Products osgart*. [En línea] ARTOOLWORKS. Inc, 2011. [Citado el: 12 de Mayo de 2011.] <http://www.artoolworks.com/products/stand-alone/osgart/>.

24. ARTOOLWORKS. *Products FLARToolKit*. [En línea] ARTOOLWORKS. Inc, 2011. [Citado el: 13 de Mayo de 2011.] <http://www.artoolworks.com/products/web/flartoolkit-2/>.

25. **Lidiexy Alonso, Mayra Durán**. *Aplicación de la Realidad Aumentada en el proceso de formación del universitario*. Ciudad de la Habana : UCiencia 2006, 2006.

ANEXOS

Anexo 1: A continuación se muestran una serie de imágenes obtenidas de la Herramienta de Autor con el componente integrado.

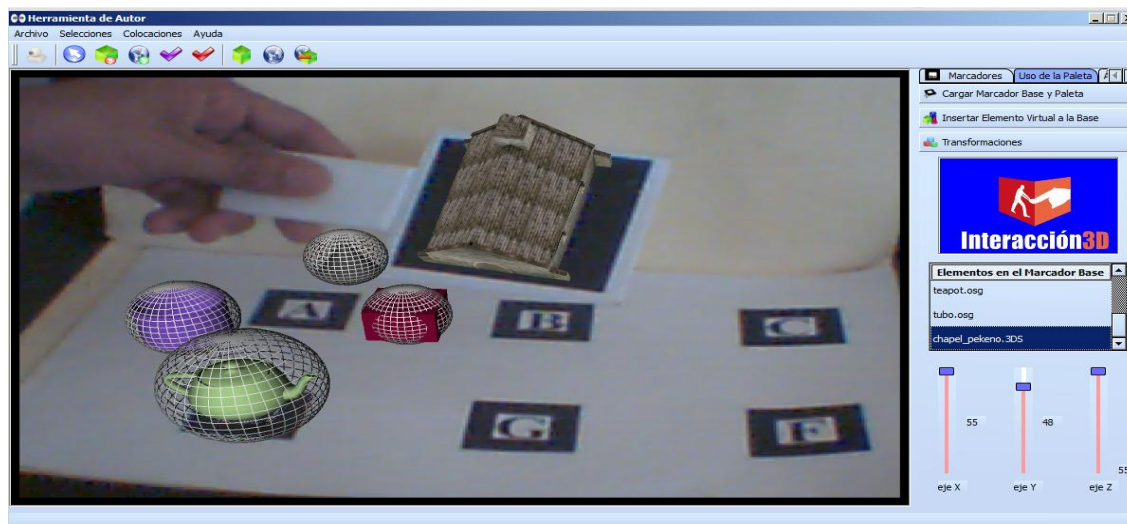


Figura 32: Selección mediante la variante Esfera Envolverte

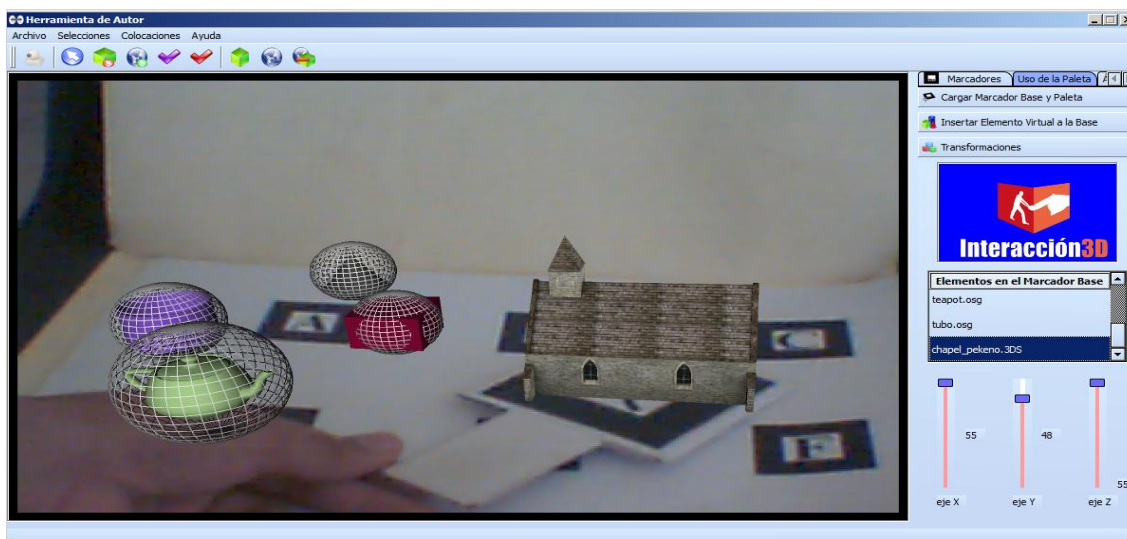


Figura 33: Colocación de un elemento virtual en la escena aumentada

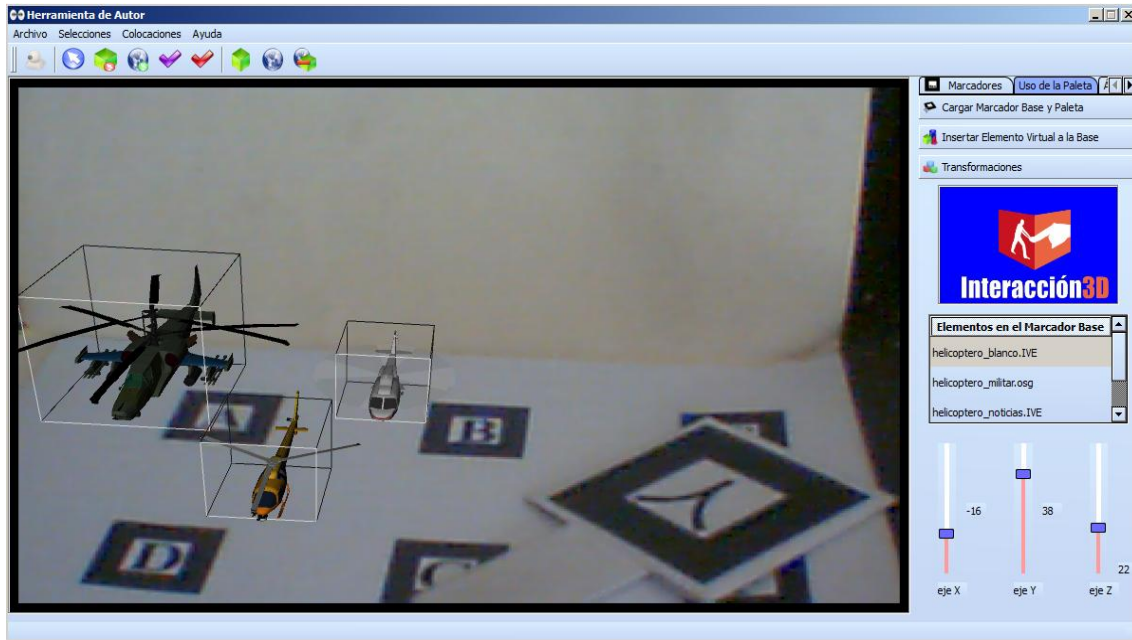


Figura 34: Selección mediante la variante Cubo Envolvente

Anexo 2: Diagrama de clases del diseño del componente integrado a la Herramienta de Autor.

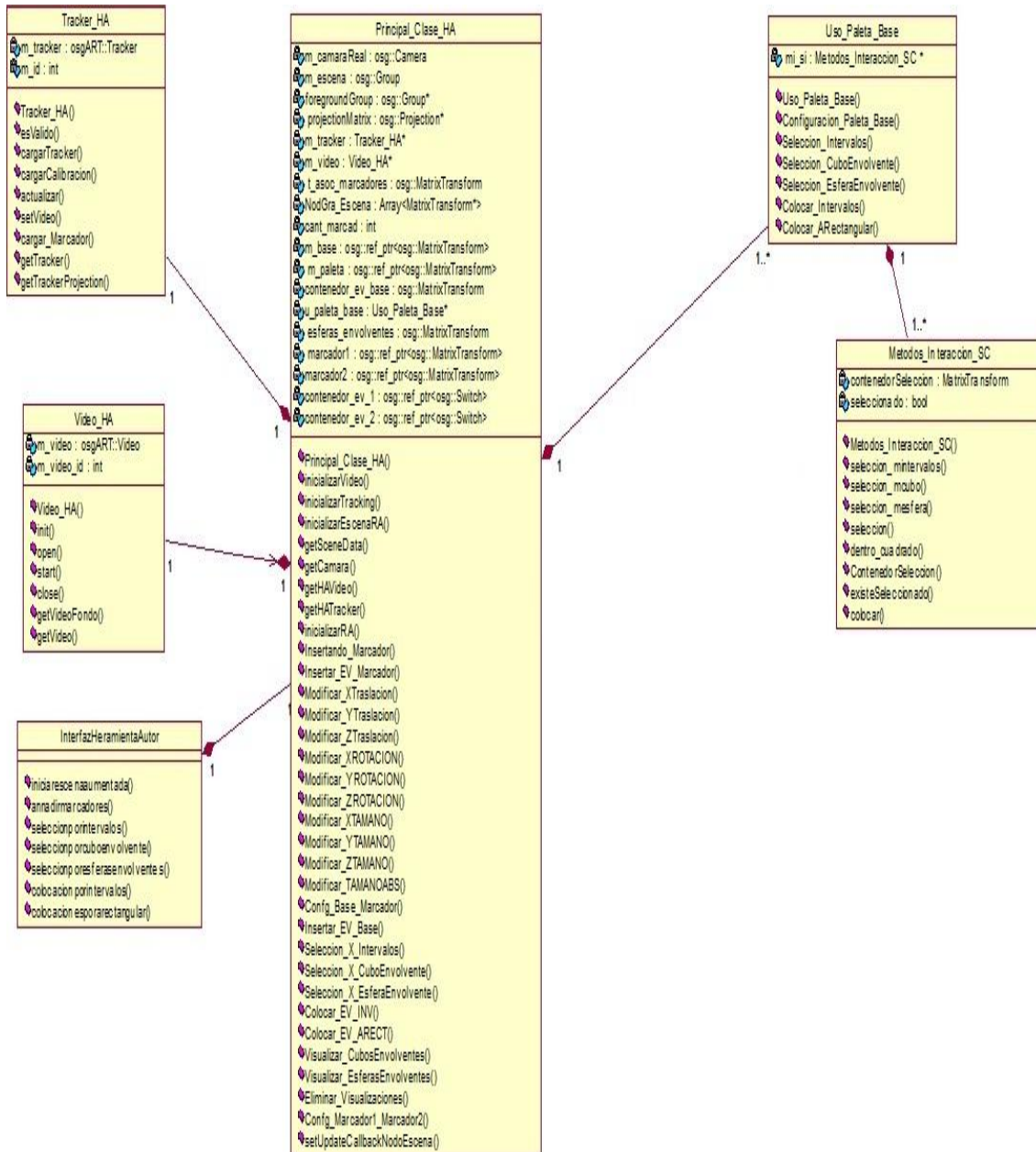


Figura 35: Diagrama de clases del diseño del componente integrado a la Herramienta de Autor

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Algoritmo: Es una lista que, dado un estado inicial y una entrada, propone pasos sucesivos para arribar a un estado final obteniendo una solución.

CPU: Unidad de procesamiento central.

Elemento Virtual: Modelo virtual para representar un cuerpo o una parte del mismo.

Herramienta Case: Ingeniería de sistemas asistida por ordenador (Computer-Aided Systems Engineering - CASE) es la aplicación de tecnología informática a las actividades, las técnicas y las metodologías propias de desarrollo de sistemas. Su objetivo es automatizar o apoyar una o más fases del ciclo de vida del desarrollo de sistemas.

Motor Gráfico: componente principal de un video juego u otra aplicación interactiva con gráficos en tiempo real.

Realidad Virtual: es un sistema o interfaz informático que genera entornos sintéticos en tiempo real, representación de las cosas a través de medios electrónicos o representaciones de la realidad, una realidad ilusoria, pues se trata de una realidad perceptiva sin soporte objetivo, existe sólo dentro del ordenador.

RUP: Proceso de desarrollo de software, metodología utilizada para el análisis, implementación y documentación de sistemas orientados a objetos.

Trackball: Periférico de entrada que tiene la misma funcionalidad que un mouse.

Tridimensional: adj. Se dice de lo que se desarrolla en las tres dimensiones espaciales, altura, anchura y profundidad.