



**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE MAQUETA ARQUITECTÓNICA
INTERACTIVA UTILIZANDO REALIDAD AUMENTADA.**

JOHN ALEXANDER MORENO PARRA

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA EN MULTIMEDIA
BOGOTÁ, COLOMBIA**

2014

**DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE MAQUETA ARQUITECTÓNICA INTERACTIVA
UTILIZANDO REALIDAD AUMENTADA.**

JOHN ALEXANDER MORENO PARRA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero en multimedia

Director:

ÁLVARO URIBE QUEVEDO ENG.D.

Desarrollo tecnológico

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA, INGENIERÍA EN MULTIMEDIA

BOGOTÁ, COLOMBIA

2014

Bogotá, Marzo 28 del 2014

Dedicado a:

Mi familia en especial a mi Madre

Porque sin su compañía, dedicación y apoyo no habría logrado conseguir la constancia y perseverancia necesaria para llegar tan lejos.

Es necesario agradecer a mi madre todo el sacrificio y esfuerzo dedicados a mí, gracias a ello he logrado una educación prospera, suficiente y competente, no encuentro forma diferente de expresarles mi completa gratitud más que dedicarles el resultado de la fe depositada en mí. Por ellos y para ellos es este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Es importante agradecer a mi director de proyecto el Doctor Álvaro Uribe Quevedo y a las ingenieras Eliana Prada y Engie Ruge, por creer en mí y brindarme todo su apoyo y ayuda incondicional del mismo modo a todas las personas que participaron directa o indirectamente con la realización de este proyecto.

CONTENIDO

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 METODOLOGÍA.....	3
CAPITULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	5
2.1 REALIDAD VIRTUAL	5
2.2 REALIDAD AUMENTADA	5
2.2.1 Funcionamiento de la realidad aumentada.....	6
2.3 REALIDAD AUMENTADA EN LA ARQUITECTURA	7
2.4 HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACION DE LA REALIDAD AUMENTADA	10
CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA.....	12
3.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA	14
3.1.1 Entradas del sistema.....	14
3.1.2 Salidas del sistema.....	14
3.1.3 Subsistemas	14
3.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	15
3.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS	16
3.4 CASOS DE USO	17
3.4.1 Diagramas de casos de uso.....	21
3.4.2 Diagramas de secuencia	26
CAPITULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	31
4.1 INTERACCIÓN	31
4.1.1 Mecánicas de interacción	32
4.2 INTERFAZ DE USUARIO.....	33
4.2.1 Menú de instrucciones	33
4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA RA	34
4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL ENTORNO DE REALIDAD AUMENTADA	35

CAPITULO 5. RESULTADOS	37
5.1 ENTORNO DE REALIDAD AUMENTADA.....	37
5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MECÁNICAS DE INTERACCIÓN.....	38
5.3 PROTOTIPO FINAL <i>AR ARCHITECTURE MODEL</i>	40
5.4 SITIO WEB	41
5.5 VALIDACIÓN Y ENCUESTAS	44
CAPITULO 6. CONCLUSIONES	49
A. APÉNDICE	50
A1 Diagramas de actividades.....	50
BIBLIOGRAFÍA	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama representativo del funcionamiento de la realidad aumentada.....	6
Figura 2 caracterizaciones del modelo de ventas.	12
Figura 3 Arquitectura del sistema.....	15
Figura 4 Diagrama de caso de uso 1.....	21
Figura 5 Diagrama de caso de uso 2.....	22
Figura 6 Diagrama de caso de uso 3.....	23
Figura 7 Diagrama de caso de uso 4.....	24
Figura 8 Diagrama de caso de uso 5.....	25
Figura 9 Diagrama de secuencia 1.....	26
Figura 10 Diagrama de secuencia 2.....	27
Figura 11 Diagrama de secuencia 3.....	28
Figura 12 Diagrama de secuencia 4.....	29
Figura 13 Diagrama de secuencia 5.....	30
Figura 14 Marcador – Planos del apartaestudio	31
Figura 15 Mecánicas de interacción	32
Figura 16 Menú	33
Figura 17 Menú de instrucciones final	34
Figura 18 Modelado y Texturizado	34
Figura 19 Integración de los modelos con Unity 3D	35
Figura 20 Creación del marcador y vinculación de modelos	35
Figura 21 Visualización del entorno de realidad aumentada en Unity 3D	36
Figura 22 Interfaz del entorno de realidad aumentada	37
Figura 23 Traslación de objetos.....	38
Figura 24 Rotación de objetos.....	38
Figura 25 Cambio de Color y/o textura.....	39
Figura 26 Agregar – Retirar utilería	39
Figura 27 Ir al sitio Web.....	39
Figura 28 Prototipo final	41
Figura 29 Sitio Web.....	41
Figura 30 Sitio Web.....	42
Figura 31 Sitio Web.....	42
Figura 32 Sitio Web.....	43
Figura 33 Encuesta	44
Figura 34 Encuesta	45
Figura 35 Encuesta	45
Figura 36 Encuesta	45
Figura 37 Encuesta	46
Figura 38 Encuesta	46
Figura 39 Encuesta	47
Figura 40 Encuesta	47
Figura 41 Encuesta	47

Figura 42 Encuesta	48
Figura 43 Diagrama de actividad 1.....	50
Figura 44 Diagrama de actividad 2.....	51
Figura 45 Diagrama de actividad 3.....	52
Figura 46 Diagrama de actividad 4.....	53
Figura 47 Diagrama de actividad 5.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro Comparativo modelos de ventas	13
Tabla 2 Requerimientos.....	16
Tabla 3 Riesgos	17
Tabla 4 Caso de uso 1.....	17
Tabla 5 Caso de uso 2.....	18
Tabla 6 Caso de uso 3.....	19
Tabla 7 Caso de uso 3.....	19
Tabla 8 Caso de uso 5.....	20
Tabla 9 resultados prototipo final.....	40

RESUMEN

La realidad aumentada(RA) es una herramienta actualmente utilizada debido a que brinda al usuario mayor interacción e inmersión con diversos contenidos en áreas como medicina, geografía, arquitectura, física, literatura, entretenimiento entre otros, aprovechando escenarios reales realizados con imágenes generadas por computador.

La masificación de este recurso ha generado un gran aumento en el desarrollo de aplicativos que permiten a diversas compañías ofertar sus productos antes de ser desarrollados y observar la aceptación del público, del mismo modo permite a este último ver y tomar decisiones con base a la interactividad e inmersión experimentadas a la hora de la utilización de estas aplicaciones.

Este proyecto propone el prototipo de una aplicación para dispositivos móviles Android desde la versión 4.1, que sirva como una herramienta de apoyo para la presentación de proyectos arquitectónicos a través del uso de la RA no limitándolos a la visualización si no también incluyendo la inmersión e interacción por parte del usuario en un espacio 3D, brindando una libre exploración con el entorno a través de parámetros personalizables en el modelo con el fin de enriquecer la experiencia del mismo permitiéndole tomar decisiones con base a esta.

A partir de las pruebas realizadas en comparación con los medios tradicionales, se encontró que los usuarios estarían interesados en utilizar una herramienta complementaria como la que se presenta en este trabajo para la toma de decisiones al evaluar un apartamento modelo.

Palabras clave: Arquitectura, realidad aumentada, aplicaciones móviles.

ABSTRACT

Augmented reality is a tool currently used because it allows the user to experience augmented interactions with multimedia content in areas such as medicine, geography, architecture, physics, literature, entertainment and more.

The popularization of this resource has resulted in a large increase in the development of applications that allow offering products digital assessment based on real scenarios augmented through computer generated graphics.

This project proposes the development of a prototype application for navigating and exploring an architectonic environment based on virtual mockup for previewing an apartment prior buying it. The goal of the tool is to allow decision-making regarding furniture, textures and placement of some objects.

From the performed testes, the users manifested interest in using a complimentary application such as the one presented in this project, for assessing an architectural model.

Key Words: architecture, augmented reality, mobile applications.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada (RA) permite a los usuarios visualizar e interactuar con objetos virtuales en el mundo real, lo cual hace de ésta una herramienta de apoyo y de fácil integración en muchos campos del conocimiento, gracias a la interacción e inmersión al momento de usar este recurso los usuarios pueden generar respuestas diferentes aun si se está interactuando con una serie de condiciones fijas [1].

Los avances tecnológicos en el desarrollo de dispositivos móviles, su masificación y las características que estos tienen como portabilidad, acceso a la información por medio de internet y facilidad de uso permiten que se conviertan en herramientas útiles para ofertar productos por medio la implementación de campañas publicitarias, por otro lado la inclusión de cámaras y pantallas de alta resolución e incremento en la velocidad de procesamiento han permitido que la RA salga de los computadores de escritorio al alcance de las manos de muchos usuarios lo cual puede traducirse en que estos la utilicen para comunicarse e interactuar utilizando contenidos multimedia a los que no están expuestos muy a menudo de una forma más directa y personal enriqueciendo su experiencia y utilizando dispositivos con los que están familiarizados y que llevan con ellos la mayoría del tiempo[1][2].

1.1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la gran demanda tecnológica actual y al creciente interés de muchas empresas por la inclusión de diversas tecnologías para presentar sus productos, la Realidad Aumentada (RA) se posiciona como una gran herramienta que permite aumentar un espacio físico según las características deseadas [2]. En los proyectos arquitectónicos para vivienda la presentación de proyectos está basada en el uso de maquetas, ilustraciones, imágenes generadas por computador, animaciones que complementan el espacio que se presenta, y finalmente, el apartamento modelo donde el usuario alcanza un mayor grado de inmersión e interacción según la distribución presentada [3]. Los medios basados en imágenes presentan limitaciones a nivel de interacción e inmersión ya que el usuario solo puede ver el proyecto establecido sin modificar parámetros que le permitan sentirse a gusto con el espacio arquitectónico de su interés, y en el caso del apartamento modelo, se requiere de la puesta a punto de cada uno de los espacios incurriendo en la configuración y mantenimiento de la estructura física y decoración que no es modificable.

Dentro de este proceso es posible, a través de la RA, proyectar, actualizar, modificar y validar un espacio arquitectónico de forma complementaria a los medios tradicionales aportando inmersión e interacción a través de la navegación y toma de decisiones en un ambiente generado por computador. A nivel de mercadeo y ventas el CAD ha permitido que se realicen recorridos virtuales basados en videos pre-renderizados o renders de los

inmuebles que ofrecen, así como algunos ambientes virtuales navegables, permitiendo una mayor sensación de compenetración del usuario con el entorno [4]. Adicionalmente, el uso de tecnologías como la realidad aumentada permite abordar algunas dificultades como los desafíos y destrezas necesarias para el desarrollo de maquetas físicas, su transporte y cuidado, asimismo. La RA permite también la exploración de los ambientes a través de distintos dispositivos como los computadores, tabletas o teléfonos inteligentes que son constantemente utilizados en la actualidad, logrando complementar la información provista en una sala de ventas desde los catálogos, videos y apartamento modelo.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El gran interés generado por los aplicativos de realidad virtual, gracias a la inmersión e interacción que estos ofrecen, ha impactado la forma como los catálogos en línea abordan nuevas estrategias para la venta de muebles, recorridos arquitectónicos o campañas publicitarias en centros comerciales que son de fácil acceso al público [5] [6]. El uso de estos entornos virtuales navegables que permiten la visualización de espacios y objetos inexistentes en el mundo real, representa una herramienta de alto impacto en la toma de decisiones en diseño en diferentes áreas como la ingeniería y la arquitectura [7] [8], ya que el usuario puede manipular componentes de la escena, modificando parámetros que le permitan ajustar el escenario virtual a su gusto o necesidades [9].

La dificultad inherente de los métodos tradicionales para pre-visualizar espacios físicos inexistentes radica en que los usuarios no se familiarizan de una forma directa con estos, puesto que no permiten la libre exploración del entorno debido a la falta de inmersión y de interacción con el mismo. En el caso de modelos arquitectónicos el usuario está restringido a la propuesta decorativa según la tendencia del momento, restringiendo la posibilidad de que el usuario explore a partir de sus gustos propios [9].

La realidad aumentada permite complementar la experiencia del usuario a través de la inmersión en un espacio virtual 3D y la interacción a través de parámetros personalizables del modelo ya que su acceso no está limitado a un espacio físico o equipo específico. Estas características permiten la toma de decisiones con base en la navegación del espacio virtual que complementan los medios tradicionales como los folletos, planos y videos utilizados frecuentemente en la actualidad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar un prototipo de aplicación interactiva basada en realidad aumentada para visualizar un apartamento y realizar modificaciones visuales de colores, texturas y distribuciones predeterminadas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema para identificar las entradas y salidas a fin definir su arquitectura y componentes.
- Analizar, depurar y levantar tridimensionalmente la información arquitectónica con base en planos.
- Realizar el diseño del desarrollo de software con base en los modelos de venta actuales.
- Desarrollar el entorno de realidad aumentada que permita la visualización interna del apartamento y la interacción para cambios estéticos y de posición de muebles de sala y paredes.
- Programar las acciones e interacciones según las entradas y salidas escogidas.
- Realizar pruebas preliminares para controlar los fallos y alcances que pueda presentar el proyecto.

1.4 METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolla a través de varias etapas, como se presenta a continuación:

La primera etapa está compuesta por la revisión del estado del arte mediante la búsqueda de los desarrollos y avances a la fecha en este campo. Esta etapa va de la mano con la caracterización del sistema, en la cual se identifican las entradas, salidas y actores del desarrollo en cada uno de los subsistemas por medio de un análisis de las necesidades de los usuarios, análisis de requerimientos y levantamientos de casos de uso, de igual manera se realiza la caracterización del modelo de ventas para identificar cómo los potenciales compradores interactúan con los modelos actuales (maquetas, folletos, recorridos virtuales, planos, apartamento modelo, entre otros), esta se realiza por medio de encuesta con lo cual se pretende conocer su experiencia con los mismos y así implementar la interacción de forma llamativa para enriquecer la mediante el uso de la RA.

La segunda etapa abarca el diseño de los componentes visuales en donde se desarrollan los planos del aparta estudio de igual forma se realiza el levantamiento, edición, exportación de los modelos 3D, el diseño de la interfaz de usuario que estará implementado dentro del motor de realidad aumentada.

La tercera comprende el desarrollo, donde se implementa el ambiente de RA el cual trabaja con un marcador definido por los planos del aparta estudio, así mismo, se realiza la programación de la interfaz de usuario y las interacciones de este con la aplicación; al mismo tiempo se programan las interacciones con base a las entradas y

salidas escogidas establecidas por los casos de uso definidos, para finalmente realizar se las pruebas finales con usuarios para recolectar información y hacer los ajustes correspondientes para la entrega del prototipo.

CAPITULO 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En este Capítulo se presenta la revisión del estado del arte, tomando como referencia las áreas involucradas en el desarrollo del proyecto. Los hallazgos se presentan organizados en sub secciones de la siguiente forma:

2.1 REALIDAD VIRTUAL

La realidad virtual se define como un sistema informático que genera en tiempo real representaciones de la realidad por computador donde el usuario interactúa a través de sus sentidos [10].

Dentro de los orígenes de la realidad virtual encontramos los aportes hechos por Morton L. Heilig al crear el “*Sensorama*” maquina conocida ser uno de los primeros ejemplos de inmersión multi-sensorial, esta se creó con el fin de abarcar la tendencia teatral dada en la década de los 50 desde un enfoque diferente en el cual se presentaban 5 cortometrajes combinando sonidos, olores y vibraciones [11] [12].

Dentro de los usos actuales de la realidad virtual encontramos la creación de aplicaciones que permiten actividades como: entrenamientos militar, medicina educativa mediante simulaciones de operaciones, creación de entornos virtuales como museos, tiendas, campañas publicitarias, video juegos, CAD siendo este ultimo una herramienta para asistir a Ingenieros, arquitectos y otros profesionales en sus respectivas actividades correspondientes a diseño ya sea desde la perspectiva del dibujo en dos dimensiones o el modelado tridimensional haciendo posible interacción con objetos antes de su creación física [4][13].

2.2 REALIDAD AUMENTADA

La realidad aumentada (RA) es una variación de entornos virtuales o de realidad virtual donde se sumerge al usuario en un entorno sintético, permitiendo ver el mundo real con objetos virtuales que lo complementan y aumentan mejorando la percepción e interacción enriqueciendo la experiencia de navegación.

Ronald Azuma en 1997 [14] define que la realidad aumentada se fundamenta bajo tres elementos:

- Combina elementos reales con virtuales
- Es interactiva en tiempo real
- Es registrada en 3 dimensiones

Gracias a esto se amplió la visión de la realidad aumentada para ser utilizada utilizando nuevas tecnologías puesto que a la fecha solo se habían abarcado definiciones ligadas completamente al uso de *Head-Mounted Displays* [14].

Por otro la realidad mixta abarca tanto realidad aumentada como realidad virtual, esta se basa en el presentar e integrar contenidos del mundo real y virtuales como información, graficas, sonido, modelos 3D, narrativas, simulaciones en cualquier lugar y tiempo unificándolos en un espacio de interacción donde se coloca al usuario en el centro de la acción. [15][16]

2.2.1 Funcionamiento de la realidad aumentada

La Figura 1 representa el funcionamiento de realidad aumentada en donde la cámara del dispositivo captura las imágenes de la realidad y al encontrar el marcador determina la posición y orientación del mismo y genera el entorno de realidad aumentada.

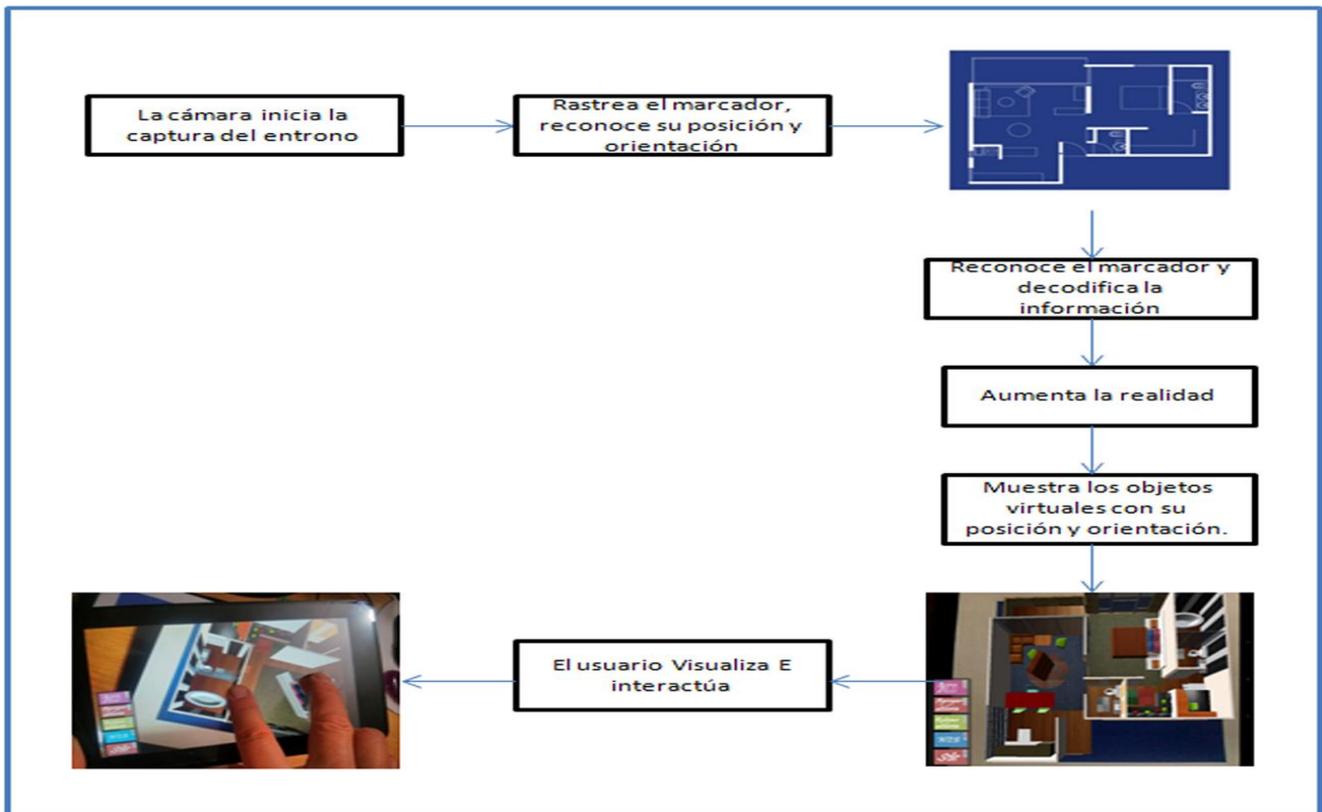


Figura 1 Diagrama representativo del funcionamiento de la realidad aumentada

Actualmente son muchas las herramientas que incluyen realidad aumentada como es el caso de “*Live Augmented Reality-National Geographic*”, el cual es un proyecto publicitario que se lleva a cabo en centros comerciales de Hungría, propone la interacción con modelos tridimensionales usando RA por medio de una gran pantalla y una cámara de alto poder para captar un marcador ubicado en el suelo con el fin de que el usuario interactúe con delfines, animales salvajes e incluso dinosaurios; aprovechando el gran auge de uso de elementos tecnológicos y electrónicos actuales [5].

En la universidad de California en Los Ángeles, el centro de realidad virtual realizó un proyecto denominado “*3D Rewind Rome*” descrito como una aventura tridimensional, el cual consiste en un viaje virtual a través de la antigua roma integrando elementos en 3D dentro de los cuales se muestran reconstrucciones de miles de monumentos y edificaciones de la antigua Roma mediante el uso de Proyección INFITEC para la visión estereoscópica 3D de última generación, gafas 3D, audio guías en 8 idiomas que permiten que personas de varios países puedan realizar el tour [6].

Los museos también han implementado una RA denominada, “*Miracle*”, la cual consiste en un espejo mágico de Realidad Aumentada para el estudio de anatomía, este capta la posición del espectador como entrada al sistema y muestra una visualización de modelos tercera dimensión de los órganos, información explicativa e imágenes creando la ilusión de que el usuario puede ver dentro de su cuerpo [17].

Igualmente se han desarrollado Navegadores de realidad aumentada con una interfaz sencilla que permiten combinar contenidos de diferentes aplicaciones de este tipo en una sola para encontrar lugares, ver información de productos, jugar ver el arte y material impreso cobrar vida[18][19].

2.3 REALIDAD AUMENTADA EN LA ARQUITECTURA

La aplicabilidad de la RA está orientada a distintas áreas como el entretenimiento, educación, entrenamiento tanto medico como militar entre otros, a nivel arquitectónico la primera aplicación que integró la RA se desarrolló en Países Bajos por parte del instituto de arquitectura del mismo país, esta permite a los usuarios de teléfonos inteligentes ver fotos, videos, modelos 3D a escala y otros detalles acerca de edificaciones en construcción, de igual forma permite a los usuarios ingresar información por medio de mapas turísticos calificando su construcción favorita [20].

Por otro lado se han realizado diversos estudios como los desarrollados en la Universidad de Cataluña, sobre simulaciones de iluminación en escenas con realidad aumentada, en donde ciertos estudiantes trataban de intervenir el espacio real con modelos virtuales, texturas, luces y demás con el fin de que el objeto se integrara perfectamente con la escena haciéndola más creíble puesto que los modelos virtuales se veían artificiales , sin

sombras e incapaces de adaptarse a cambios de iluminación de su entorno[9]. También se han llevado a cabo estudios para el desarrollo del diseño asociado al levantamiento de los planos, en donde mediante el uso de la web y de marcadores se pretendía que personas inexpertas pudieran interpretar información de forma más fácil que la proporcionada por medio de planos, fotografías o dibujos con lo que usuarios directos y autoridades interesadas en los proyectos arquitectónicos a mostrar pudieran efectuar modificaciones medida que se iban efectuando [21].

Gracias al creciente uso de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) de la mano con el uso de modelos 3D, realidad aumentada y *non photorealistic rendering* se han realizado proyectos en donde la creatividad y las habilidades de los usuarios para el análisis y descripción de construcciones arquitectónicas existentes han mejorado influyendo positivamente en las capacidades del estudiante para la realización de aplicativos virtuales e interactivos [22].

Como resultado de la masificación de las *tablets*, se han comenzado a desarrollar distintos aplicativos móviles tanto para *Itunes* como para *GooglePlay*, donde se puede observar el desarrollo de un catálogo impreso para la compra de muebles accesible por medio de una aplicación de realidad aumentada instalada dentro de un dispositivo móvil realizado por la corporación multinacional IKEA. Los objetos dentro de esta aplicación se pueden colocar dentro de la casa del usuario y manipular a libertad e incluso fotografiar, la aplicación también muestra la descripción acerca de las dimensiones del objeto, materiales si requieren ensamblarse o no entre otras características, la aplicación también permite que la persona explore 360 o 180 grados usando los sensores del dispositivo. Como complemento a este desarrollo, IKEA integró una tienda en línea al aplicativo, para estimular la compra de elementos una vez escogidos y visualizados con RA [23]. A nivel arquitectónico encontramos algunas enfocadas al reconocimiento de edificaciones en base al uso de modelos tridimensionales, las herramientas de cámara y sensores de localización y de orientación del dispositivo [24]. Tal es el caso de “*House of Olbrich*” donde por medio de la toma de fotografías de este sitio el usuario aprenderá acerca de la arquitectura, diseño e historia del edificio y en donde podrá visualizar un modelo 3D de la edificación y a su vez conocer más acerca de esta a través de archivos fotográficos antiguos, información presentada en artículos haciendo que el usuario salte en el tiempo y conozca más acerca de esta edificación destruida en la segunda guerra mundial y que ha sido solamente restaurada rudimentariamente [25].

Augmented Reality Architecture desarrollada por 3D Interactive Sthlm AB disponible en *iTunes* permite la visualización de proyectos de construcción, partiendo desde los planos hasta tomas de modelos en 3D e interacción con los mismos, ofrece a los clientes la posibilidad virtual de dar un paso sobre su futura residencia y experimentar el espacio, de igual forma permite amoblar los cuartos, seleccionar color, materiales tanto del interior como del exterior posicionándose así como una herramienta de amplia ayuda al momento de apoyar tanto a cliente como vendedor en el proceso de compra y venta [26].

Otro aplicativo comercial es el desarrollado por VIEWAR, una empresa que ofrece un portafolio de servicios enfocado a este campo en donde los clientes tienen la opción de adquirir una aplicación que permite mostrar sus productos en este caso específico muebles, para ser visualizados dentro del entorno permitiendo también manipular sus dimensiones, posiciones y colores [27].

Siguiendo esta tendencia, *Homestyler* una aplicación creada por Autodesk tanto para *Appstore* como para *GooglePlay*, permite al usuario importar modelos de alta calidad, con texturas e iluminación a espacios o cuartos vacíos donde igualmente se pueden hacer modificaciones a estos en cuanto a tamaño, posición, orientación, color y modelo con tan solo manipular la pantalla del dispositivo utilizando los dedos para realizar esta interacción, igualmente la aplicación permite tomar fotografías a diversos espacios dado el caso de que el usuario no quiera trabajar con los espacios predeterminados, de igual manera permite compartir los diseños realizados dentro de esta para que así a partir de las ideas de diversos usuarios se pueda encontrar inspiración al momento de realizar una decoración interior [28].

Del mismo modo en cuanto a la toma de decisiones por parte de la población gracias a la inmersión e interactividad brindada por la realidad aumentada tenemos *SquareAR*; una aplicación que permite una restauración virtual de espacio público en ciudades con el fin de involucrar a los residentes en la toma de decisiones sobre procesos que afectan su día a día. Puesto que usualmente las comunidades no son tenidas en cuenta para la visualización de proyectos como restauración de construcciones en parques o espacios públicos o muchas veces estos se presentan en planos 2D y maquetas difíciles de entender o que no son lo suficientemente realistas para observar el proyecto final o convencer a la población, asimismo los residentes pueden participar con sus ideas lo que permite incrementar la satisfacción con el producto final y la apropiación del público con el mismo [29].

El uso de la RA ha desencadenado una tendencia que ha resultado en el desarrollo de diferentes aplicativos e incluso navegadores de RA [18] [19], la masificación de los dispositivos móviles y las TIC permiten que los usuarios interactúen desde la palma de la mano con contenidos como catálogos virtuales, arte, campañas comerciales, aplicaciones turísticas, aplicaciones médicas, arquitectónicas y juegos aumentándolos con elementos en virtuales enriqueciendo su experiencia a través de la inmersión e interacción experimentada.

2.4 HERRAMIENTAS PARA LA IMPLEMENTACION DE LA REALIDAD AUMENTADA

Para la implementación de diversas aplicaciones que utilizan realidad aumentada se han desarrollado varias herramientas como las siguientes:

- **Artoolkit:** Es una librería de software que posibilita trabajar con aplicaciones con realidad aumentada, permite presentar imágenes virtuales en el mundo real a través de un algoritmo que rastrea el punto de vista del usuario (marcador) su posición y orientación con respecto a una cámara física en tiempo real [30].
- **Artoolkit para Andorid:** Es una herramienta que permite trabajar con realidad aumentada en dispositivos móviles, tiene un conjunto de clases que pueden ser utilizadas por desarrolladores para sus propias aplicaciones permitiendo creación rápida de nuevos proyectos permite trabaja en sistemas operativos Andorid desde la versión 2.2, rastrea el marcador utilizando todo el rango de la cámara del dispositivo ,soporta múltiples marcadores con diferentes texturas cuenta con una serie de ejemplos de apoyo [31].
- **AndAR:** Es una librería que permite trabajar con realidad aumentada en dispositivos Android, utiliza marcadores básicos, los cuales se manejan por medio de plantillas las cuales se generan a través de un software que permite convertir una imagen en un marcador, estos deben tener unas proporciones exactas para su funcionamiento [32].
- **Wikitude:** es un software para el desarrollo de realidad aumentada en dispositivos móviles que permite el reconocimiento de imágenes como marcadores y a partir de estas presentar modelos 3D, trabaja con los lenguajes de programación HTML5, JAVA, CSS. Las aplicaciones desarrolladas en este pueden ser ejecutadas en iOS, Android y Blackberry10 [33].
- **Vuforia:** Es un SDK desarrollado por Qualcomm para Android y Ios. Soporta desde marcadores sencillos hasta fotografías, incluso permite el uso de Realidad aumentada sin marcadores captando texto o formas de objetos como (botellas, latas, copas, vasos, cajas, entre otros); adicionalmente permite vincular se como una extencion de Unity 3D lo que hace posible interactuar con lenguajes de programación como C# y Java y también con modelos 3D, texturas, iluminación, animaciones provenientes de programas como Maya, Blender, 3ds Max, etc. También permite incluir video y sonido.

Vuforia da al usuario la opción de crear sus propios marcadores a través del “Vuforia Target manager” una base de datos web que almacena las imágenes que se van a rastrear con la cámara y crea los marcadores que se van a importar dentro del proyecto para que sean reconocidos, adicionalmente Vuforia detecta y rastrea marcadores tan solo con visualizar con la cámara una parte del mismo. Cuenta así mismo con un portal de internet que contiene ejemplos básicos, tutoriales y un foro para el planteamiento y solución de dudas [34].

CAPITULO 3. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

La caracterización del sistema permite identificar las entradas y salidas, así como los subsistemas que integran la solución que se desarrolla en el presente trabajo. El primer paso es realizar la caracterización al modelo de ventas actual en la cual se observa cómo es la experiencia de los usuarios al momento de buscar información acerca de proyectos arquitectónicos de su interés (Ver figura 2), de esta forma se realizó un cuadro comparativo incluyendo los aplicativos de realidad aumentada se muestran ventajas y desventajas que determinaron los elementos para la arquitectura del sistema (Ver figura 3).

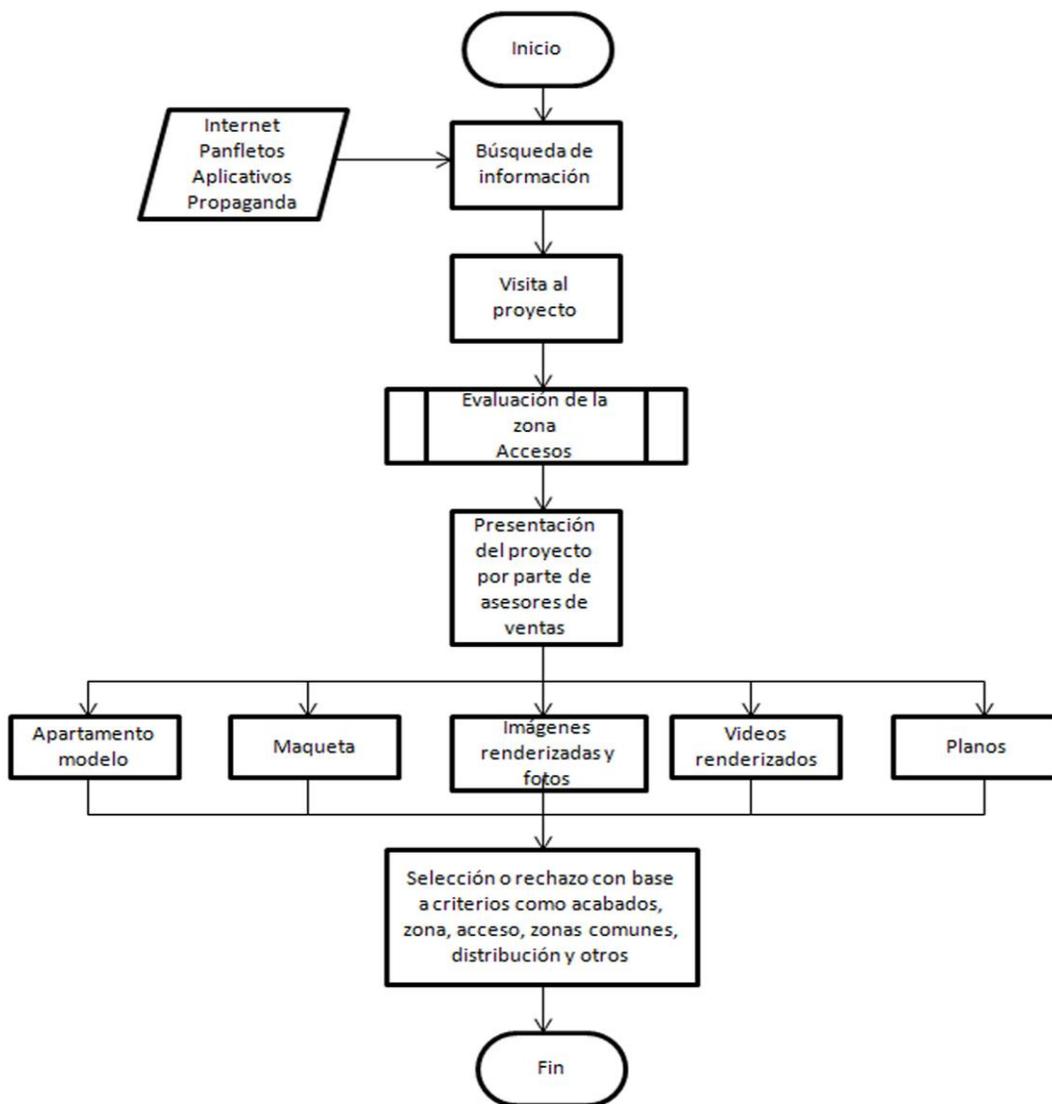


Figura 2 caracterizaciones del modelo de ventas.

Tabla 1 Cuadro Comparativo modelos de ventas

Medio para presentación del proyecto	Ventajas	Desventajas
Apartamento modelo	<ul style="list-style-type: none"> - Permite a los usuarios entrar y explorar el inmueble de su interés en este caso el apartaestudio. - Brinda la posibilidad de interactuar con utilería fija. - El usuario puede experimentar la atmosfera en su interior. 	<ul style="list-style-type: none"> - La distribución de los elementos esta predeterminada y no se puede modificar. - Al ser una estructura física requiere mantenimiento y limpieza
Maqueta	<ul style="list-style-type: none"> - Es un montaje a menor a escala del inmueble, permite al usuario visualizar como se verá el apartaestudio. 	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario solo visualiza los elementos no puede interactuar con ellos. - Son delicadas por lo cual su transportación es complicada.
Planos	<ul style="list-style-type: none"> - Son de carácter constructivo, muestra materiales, superficies y medidas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Suelen ser complicados de entender. - Son de carácter constructivo, por lo cual se deja a la imaginación del cliente como será el producto final.
Imágenes renderizadas y fotos	<ul style="list-style-type: none"> - Permiten la visualización del inmobiliario por medio de imágenes. - Pueden ser colocados en páginas web con información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Solo permite la visualización del inmobiliario y de los elementos en su interior. - No permite una visualización total de todos los espacios.
Videos renderizados / Recorridos virtuales	<ul style="list-style-type: none"> - Son atractivos para los usuarios. - Permiten visualización de los elementos del inmobiliario y la utilería en el mismo. - Pueden ser colocados en páginas web. 	<ul style="list-style-type: none"> - El usuario no puede interactuar con los elementos.
Aplicación con Realidad aumentada	<ul style="list-style-type: none"> - Es atractiva para los usuarios. - El usuario puede visualizar una maqueta virtual y explorarla en su totalidad. - El usuario puede interactuar con la utilería modificar su posición, orientación y color. - Permite visualizar la atmosfera en su interior y cambiarla. - Puede ser colocada en páginas web para ser descargados en un dispositivo móvil. 	<ul style="list-style-type: none"> - La calidad de la imagen depende de la pantalla del dispositivo. - La interacción con los elementos puede ser complicada si la pantalla del dispositivo es pequeña. - El reconocimiento y rastreo del marcador depende de la resolución de la cámara.

3.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

En esta sección se presenta la arquitectura del sistema, a través de la cual se define el flujo de información entre cada uno de los subsistemas.

3.1.1 Entradas del sistema

Las entradas del sistema permiten definir aspectos propios para el procesamiento de datos y cómo estos se articulan con las salidas deseadas. Los factores que definen las entradas del sistema se presentan a continuación:

- Entradas de usuario: Estas se determinan según la forma de interacción con el contenido. Debido a que el principal medio de interacción es la tableta, una entrada de usuario estará relacionada con los comandos basados en uno o varios dedos.
- Marcador: Esta determinado por el plano del aparta estudio, es el elemento mediante el cual el usuario accede a los contenidos del programa.
- Entradas de administrador del aplicativo: Estas entradas dependen del administrador y permiten la variación de marcadores o elementos que componen la escena 3D.

3.1.2 Salidas del sistema

Las salidas del sistema se componen de la realimentación visual provista de menús y el control de posición/orientación de objetos 3D según los datos de entrada.

Retroalimentación visual: Se visualizan los contenidos de la aplicación por medio de la RA, el usuario los modifica permitiendo que su experiencia sea enriquecida gracias a los cambios que realice.

3.1.3 Subsistemas

El sistema propuesto se compone de varios subsistemas, que permiten el procesamiento de la información articulando las entradas presentadas previamente con las salidas requeridas para garantizar una buena experiencia de navegación basada en AR con el aplicativo. Dentro de los subsistemas implementados se tiene:

- Base de datos: Este modulo almacena todos los elementos incluidos por el administrador y que son utilizados por el programa (modelos, texturas, iluminación, marcador, color), el contenido de esta puede ser modificado para ser utilizado en proyectos futuros Incluyendo nuevos elementos.
- Procesamiento: Este modulo es el que se encarga de realizar la parte visual del programa conforme a todos los contenidos programados dentro de Unity 3D por medio de scripts C# y JS, dentro de este

subsistema encontramos Vuforia el cual se encarga de realizar los procesos de captura, rastreo del marcador y renderiza el contenido del sistema de base de datos a través de RA.

- Modulo de interfaz de usuario (GUI): En este modulo se observa la interfaz grafica la cual contiene el menú de la aplicación y las instrucciones para el uso de la misma, también se ingresan los eventos de interacción por parte el usuario.

Con base en lo anterior la arquitectura propuesta del sistema se presenta en la Figura3.

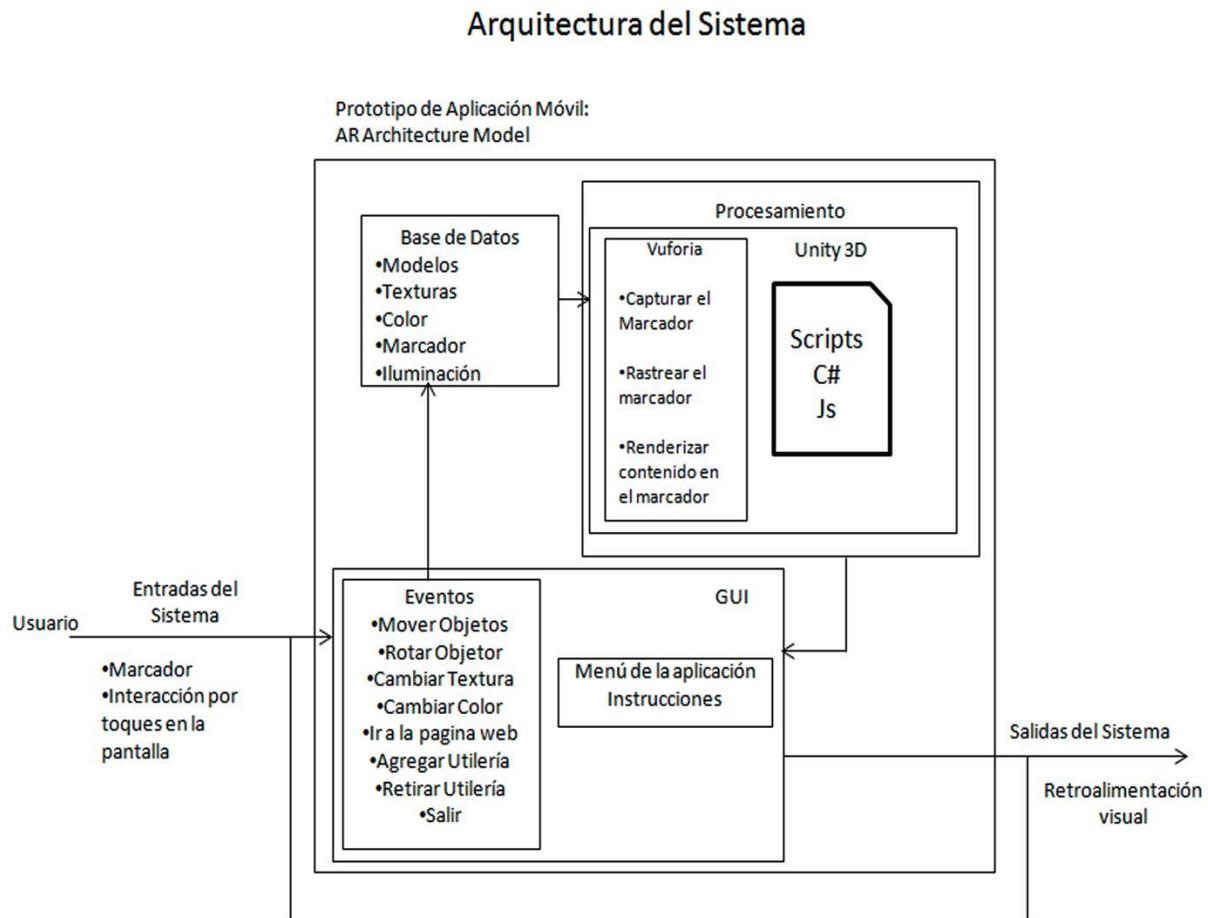


Figura 3 Arquitectura del sistema

3.2 ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Los requerimientos son la descripción de los servicios proporcionados por el sistema y sus restricciones, estos aspectos garantizan el funcionamiento adecuado del producto final, su objetivo es proporcionar a todas las partes el entendimiento escrito del problema mostrando que es lo que se quiere, como se interactúa y qué efecto tendrá en el usuario final. La Tabla 2, muestra los requerimientos para la realización del prototipo [35] [36].

Tabla 2 Requerimientos

No. Requerimiento	Descripción
Funcionales	
R1	El usuario debe poder observar el modelo desde distintos ángulos.
R2	El sistema reconocerá el marcador a partir de la cámara del dispositivo usado y cargara un modelo tridimensional.
R3	En el aplicativo el usuario podrá modificar la posición y orientación modelos predeterminados.
R4	La interfaz de usuario permite modificar colores, texturas en modelos predeterminados por medio de toques.
No funcionales de producto	
Usabilidad	
R5	Los planos del apartamento (marcador) representan un apoyo visual para el proyecto.
R6	Aplicativo de fácil y sencilla navegación.
R7	Las acciones son manipulables por la pantalla del dispositivo por medio de acciones táctiles.
Eficiencia	
R8	Modelos tridimensionales desarrollados con Autodesk Maya
R9	La aplicación final tiene un peso bastante bajo
R10	El espacio adicional en el disco que se requiere es mínimo, debido al número de modelos.
Portabilidad	
R11	La aplicación puede ser transportada en cualquier Tablet con sistema operativo Android 4.1 o superior
R12	El apoyo visual del usuario no genera problemas de transportación.
No funcionales organizacionales	
implementación	
R13	El software principal de desarrollo es Unity con el Sdk de Vuforia para Android.
R14	El lenguaje de programación seleccionado para los scripts es Java y C#
No funcionales externos	
Legales	
R15	Software de desarrollo de código abierto.

3.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS

En esta etapa se identifican los riesgos potenciales que podrían surgir, la posibilidad de que estos se den y las consecuencias que tendrían. La Tabla 3 realiza la evaluación de riesgos para el prototipo así como su probabilidad e impacto.

Tabla 3 Riesgos

Riesgo	Probabilidad	Impacto
Problemas con la versión del sistema operativo	medio	Serio
Dificultades en al cargar los modelos 3D	Baja	Serio
Problemas de integración de los elementos con la interfaz de usuario	Medio	Tolerable
Errores en la programación del sistema	Medio	Catastrófico
Falta de resolución de la cámara del dispositivo	Baja	Tolerable
Dificultades con la resolución de las imágenes de la interfaz de usuario	Medio	Tolerable

3.4 CASOS DE USO

Los casos de uso son descripciones de las acciones de un sistema y como este responde a las peticiones del usuario [35] [37].

El caso de uso numero uno describe como el usuario realiza el movimiento de objetos una vez la aplicación ha detectado el marcador ver Tabla 4, el caso de uso número dos presentado en la Tabla 5 muestra el proceso para realizar la rotación de objetos.

Tabla 4 Caso de uso 1

Identificador	1	
Nombre	Movimiento de Objetos	
Descripción	El usuario desea realizar un cambio en las posiciones de los objetos en el programa.	
Precondición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar al programa 2. Leer las instrucciones para el uso del programa. 3. Tener el marcador posicionado para su detección por medio de la cámara. 	
Secuencia Normal	No.	Paso
	1.	Iniciar la aplicación
	2.	Oprimir el botón inicio en la interfaz de usuario
	3.	Posicionar el marcador correspondiente
	4.	Esperar que la cámara detecte el marcador e inicie el

		ambiente de realidad aumentada.
	5.	Ubicar el dedo sobre el objeto y deslizarlo a la nueva posición
	6.	Observar el cambio de posición
	7.	Realizar otro cambio en la posición de otro objeto
	8.	Salir
Postcondición	Se visualiza el cambio de posición del objeto seleccionado.	
Excepciones	Paso 8, el usuario puede rotar el objeto o cambiar su textura.	
Importancia	Impórtate	
Urgencia	Inmediata	
Comentarios		

Tabla 5 Caso de uso 2

Identificador	2	
Nombre	Rotación de Objetos	
Descripción	El usuario desea rotar los objetos en el programa.	
Precondición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar al programa 2. Leer las instrucciones para el uso del programa. 3. Tener el marcador posicionado para su detección por medio de la cámara. 	
Secuencia Normal	No.	Paso
	1.	Iniciar la aplicación
	2.	Oprimir el botón inicio en la interfaz de usuario
	3.	Posicionar el marcador correspondiente
	4.	Esperar que la cámara detecte el marcador e inicie el ambiente de realidad aumentada.
	5.	Ubicar dos dedos sobre el objeto que se desea rotar al mismo tiempo y luego deslizarlos a favor o encontrar de las manecillas del reloj.
	6.	Observar la rotación del objeto.
	7.	Realizar otra rotación para otro objeto
	8.	Salir
Postcondición	Se visualiza la rotación del objeto seleccionado.	
Excepciones	Pasó 8, el usuario puede cambiar la posición del objeto o cambiar su textura.	
Importancia	Impórtate	
Urgencia	Inmediata	
Comentarios	Para facilitar la rotación del objeto debido a la cantidad de objetos en pantalla se recomienda acercar la tablet al marcador o mover el objeto a un lugar donde sea más sencillo realizar la acción.	

El caso de uso número tres describe el cambio de color y/o texturas en el prototipo Tabla 6, el caso de uso número cuatro indicado en la Tabla 7, muestra como se realiza el agregar y retirar utilería.

Tabla 6 Caso de uso 3

Identificador	3	
Nombre	Cambio de textura y/o color	
Descripción	El usuario desea cambiar la textura y/o color de los objetos en el programa.	
Precondición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar al programa 2. Leer las instrucciones para el uso del programa. 3. Tener el marcador posicionado para su detección por medio de la cámara. 	
Secuencia Normal	No.	Paso
	1.	Iniciar la aplicación
	2.	Oprimir el botón inicio en la interfaz de usuario
	3.	Posicionar el marcador correspondiente
	4.	Esperar que la cámara detecte el marcador e inicie el ambiente de realidad aumentada.
	5.	Ubicar dos dedos sobre la pantalla y por ultimo con un tercer dedo dar un toque sobre el objeto que se desea cambiar de color.
	6.	Observar la el cambio en de color y/o textura del objeto.
	7.	Realizar cambio de color y/o textura para otro objeto
	8.	Salir
Postcondición	Se visualiza el cambio de color y/o textura del objeto seleccionado.	
Excepciones	Pasó 8, el usuario puede cambiar la posición del objeto o rotarlo.	
Importancia	Impórtate	
Urgencia	Inmediata	
Comentarios	Para facilitar el cambio de color debido a la cantidad de objetos en pantalla se recomienda acercar la tablet al marcador o mover el objeto a un lugar donde sea más sencillo realizar la acción.	

Tabla 7 Caso de uso 3

Identificador	4	
Nombre	Agregar y retirar utilería	
Descripción	El usuario puede agregar y retirar opciones fijas de utilería.	
Precondición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar al programa 2. Leer las instrucciones para el uso del programa. 3. Tener el marcador posicionado para su detección por medio de la cámara. 	
Secuencia Normal	No.	Paso
	1.	Iniciar la aplicación
	2.	Oprimir el botón inicio en la interfaz de usuario
	3.	Posicionar el marcador correspondiente
	4.	Esperar que la cámara detecte el marcador e inicie el ambiente de realidad aumentada.
	5.	La utilería adicional aparece en la pantalla.

	6.	Se realiza la rotación o traslación con la utilería extra
	7.	Realizar cambio de color y/o textura para los objetos extra
	8.	Salir
Postcondición	Se visualiza la rotación, el cambio de posición color y/o textura en la utilería extra.	
Excepciones	Pasó 5, el usuario puede retirar la utilería extra presionando el botón retirar utilería.	
Importancia	Media	
Urgencia	Puede esperar	
Comentarios	La utilería extra aparece en pantalla a iniciar el programa pero puede ser retirada con el botón retirar utilería.	

La Tabla 8, hace referencia al caso de uso en el cual el usuario se dirige al sitio web del aplicativo.

Tabla 8 Caso de uso 5

Identificador	5	
Nombre	Ir a la página de internet	
Descripción	El usuario accede al sitio web de la aplicación.	
Precondición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iniciar al programa 2. Oprimir el botón de inicio en el menú 	
Secuencia Normal	No.	Paso
	1.	Iniciar la aplicación
	2.	Oprimir el botón inicio en la interfaz de usuario
	3.	Posicionar el marcador correspondiente
	4.	Esperar que la cámara detecte el marcador e inicie el ambiente de realidad aumentada.
	5.	Realiza modificaciones a la utilería.
	6.	Oprime el botón web y se dirige al sitio web de la aplicación
	7.	Salir
Postcondición	Se abre el sitio web de la aplicación en el navegador del dispositivo.	
Excepciones	Pasó 3, paso 4 paso 5 el usuario puede acceder a la página web sin necesidad de ubicar el marcador.	
Importancia	Media	
Urgencia	Puede esperar	
Comentarios	El usuario debe estar conectado a internet con el dispositivo para poder acceder a la página.	

3.4.1 Diagramas de casos de uso

Son diagramas UML que permiten visualizar como interactúa el usuario con el sistema a través de una secuencia de pasos [35][37], en estos se representa la información recopilada en las tablas de casos de uso.

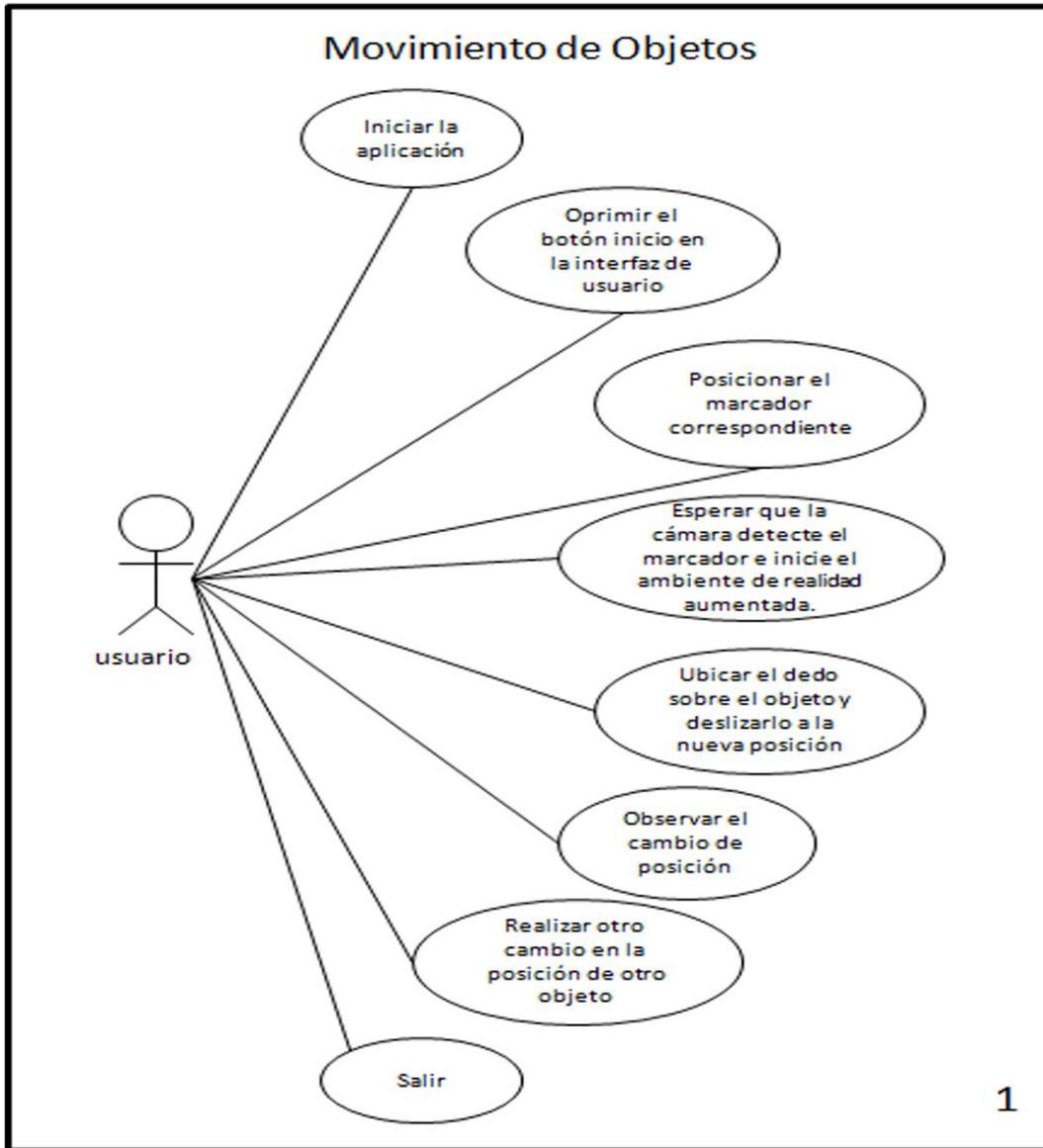


Figura 4 Diagrama de caso de uso 1

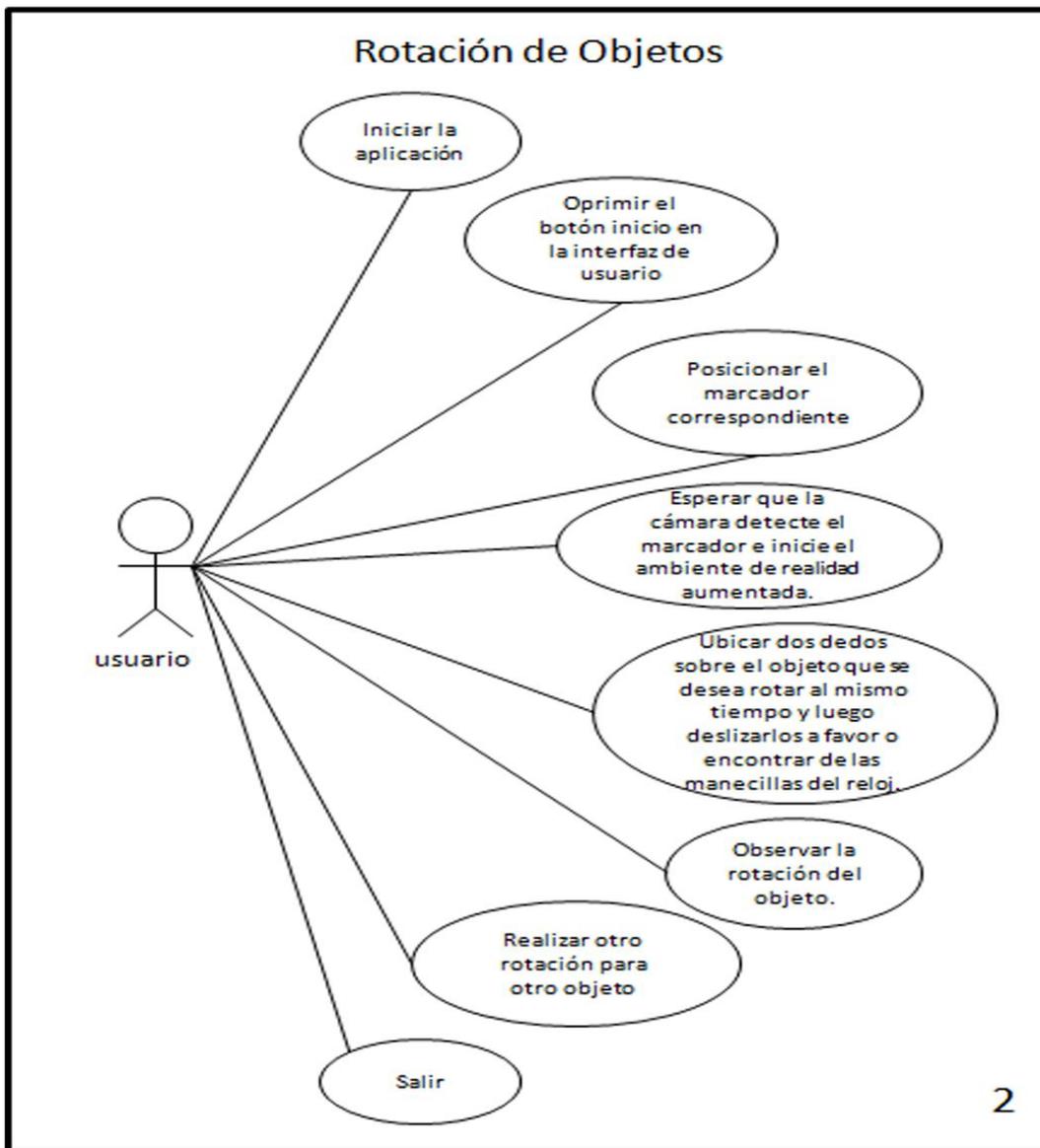


Figura 5 Diagrama de caso de uso 2

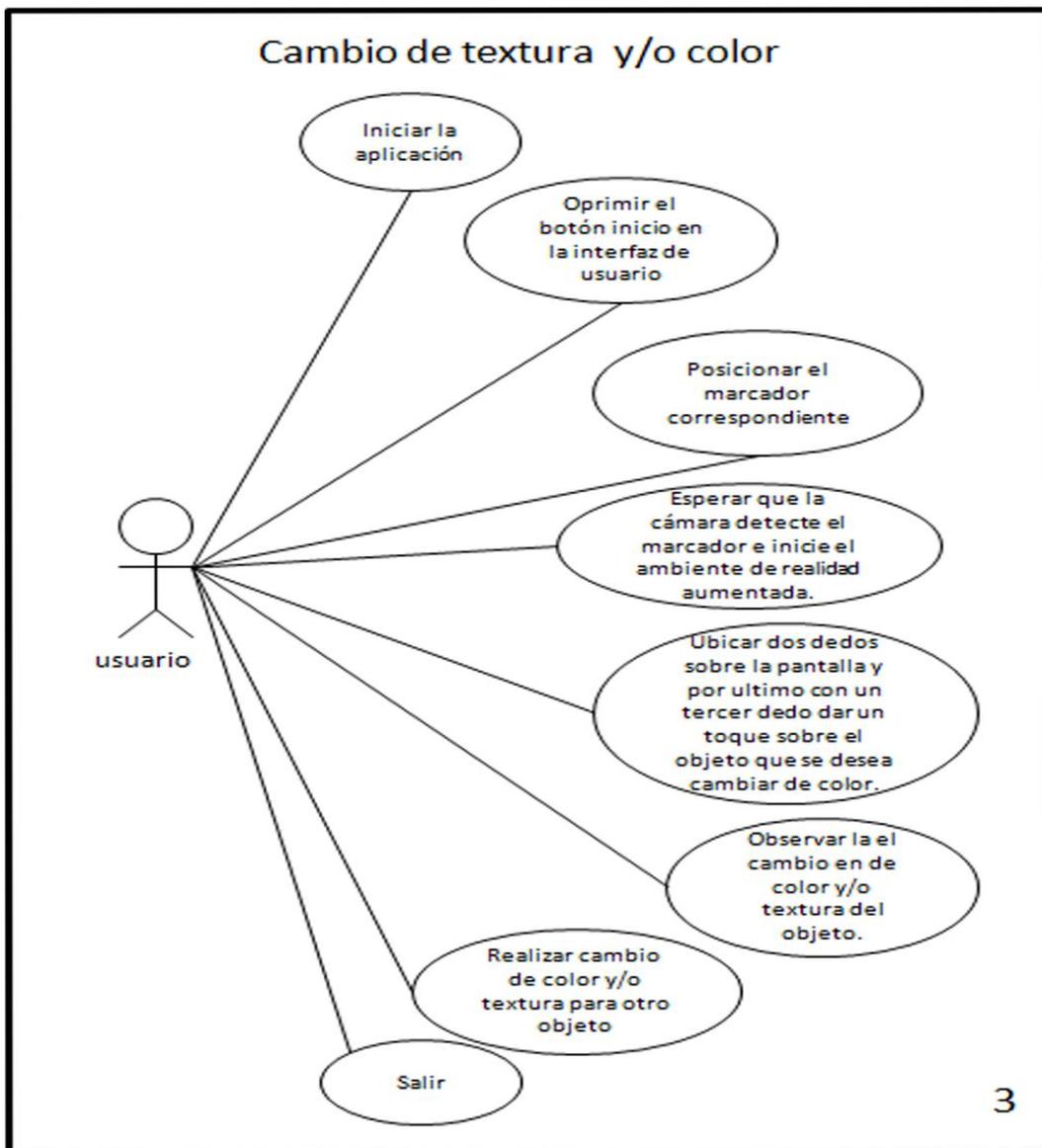


Figura 6 Diagrama de caso de uso 3

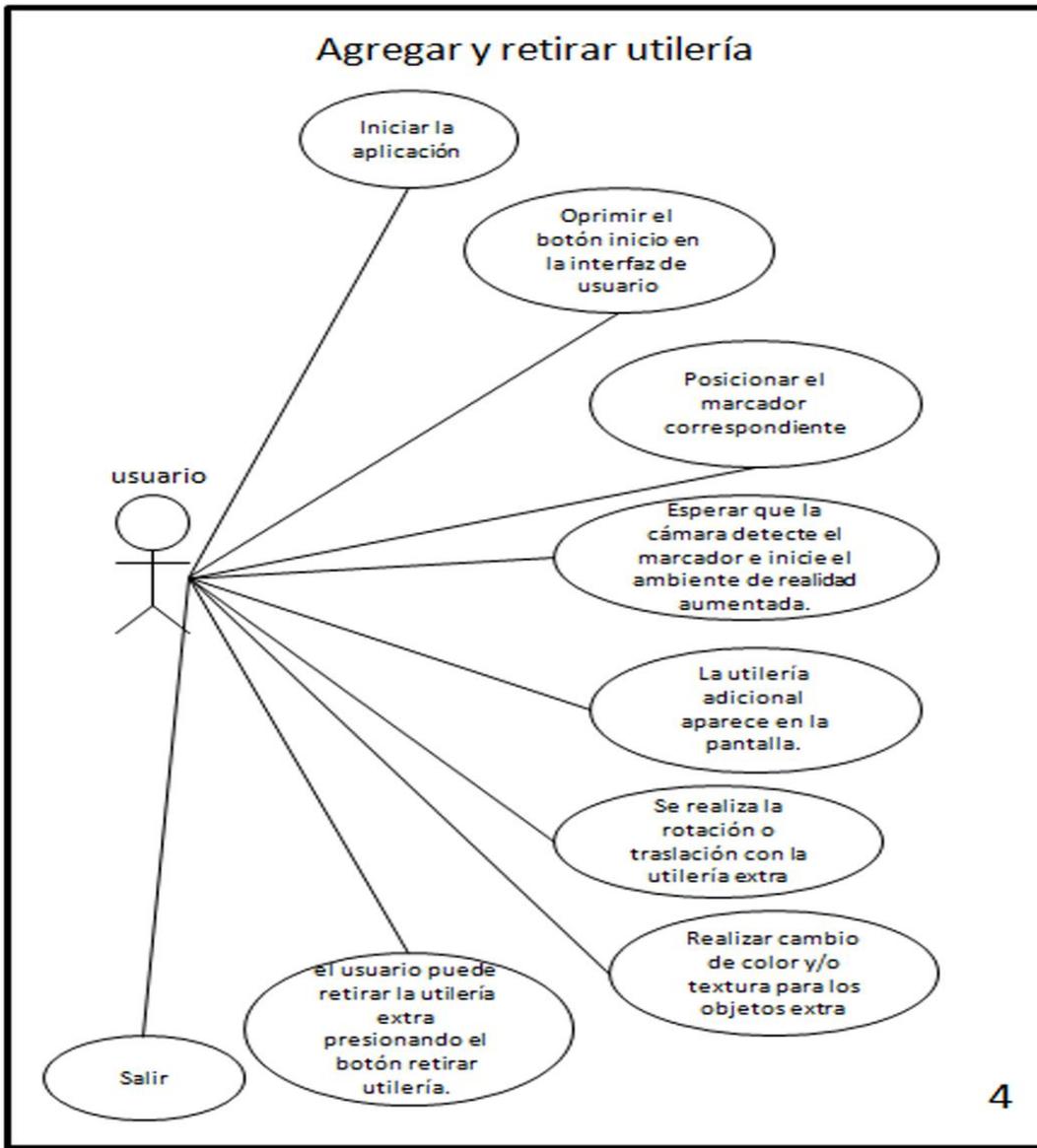


Figura 7 Diagrama de caso de uso 4

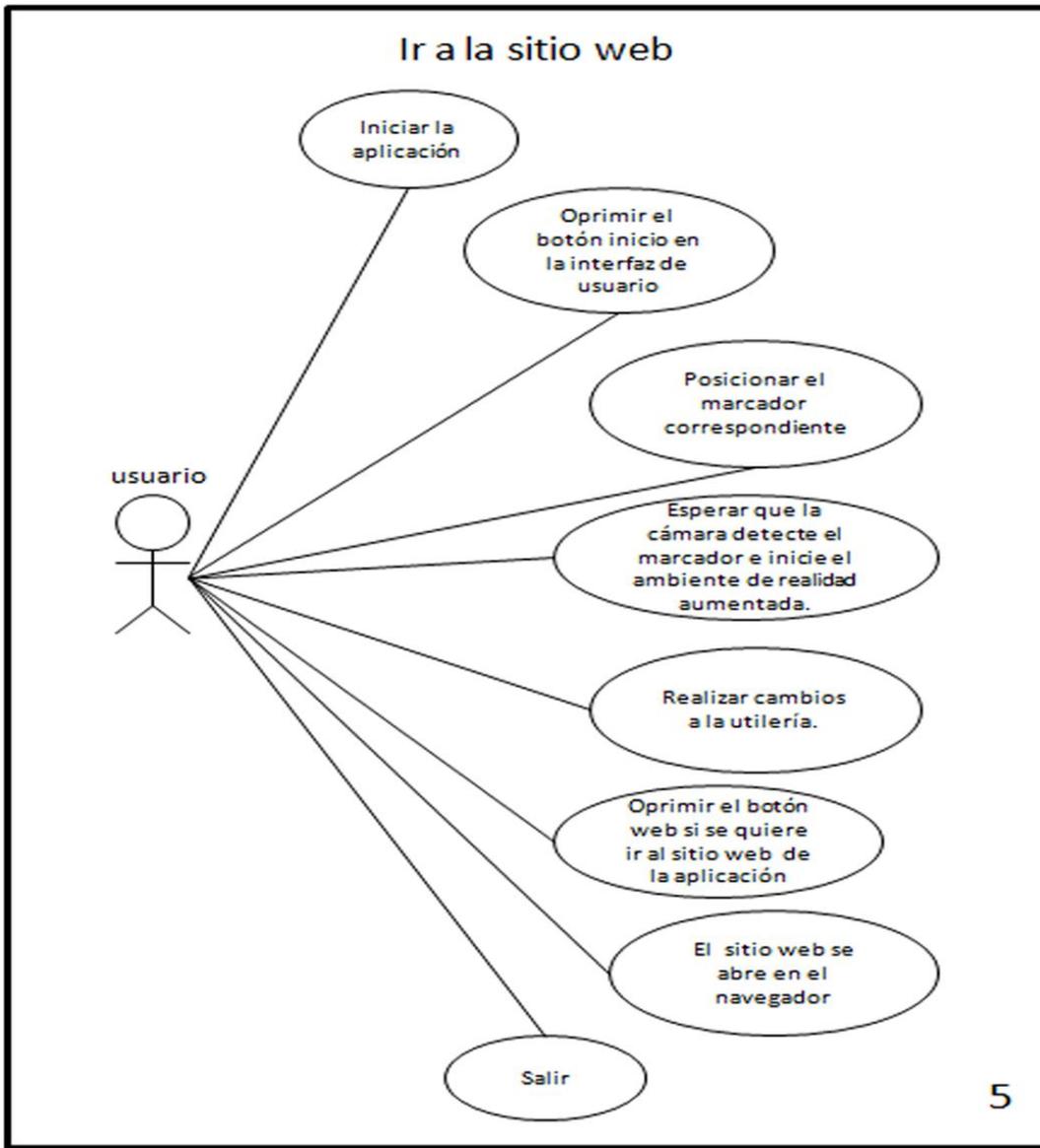


Figura 8 Diagrama de caso de uso 5

3.4.2 Diagramas de secuencia

Son diagramas UML que muestran la mecánica de interacción de los diferentes objetos del sistema entre si la cual se realiza en un tiempo para desarrollar una tarea determinada [37].

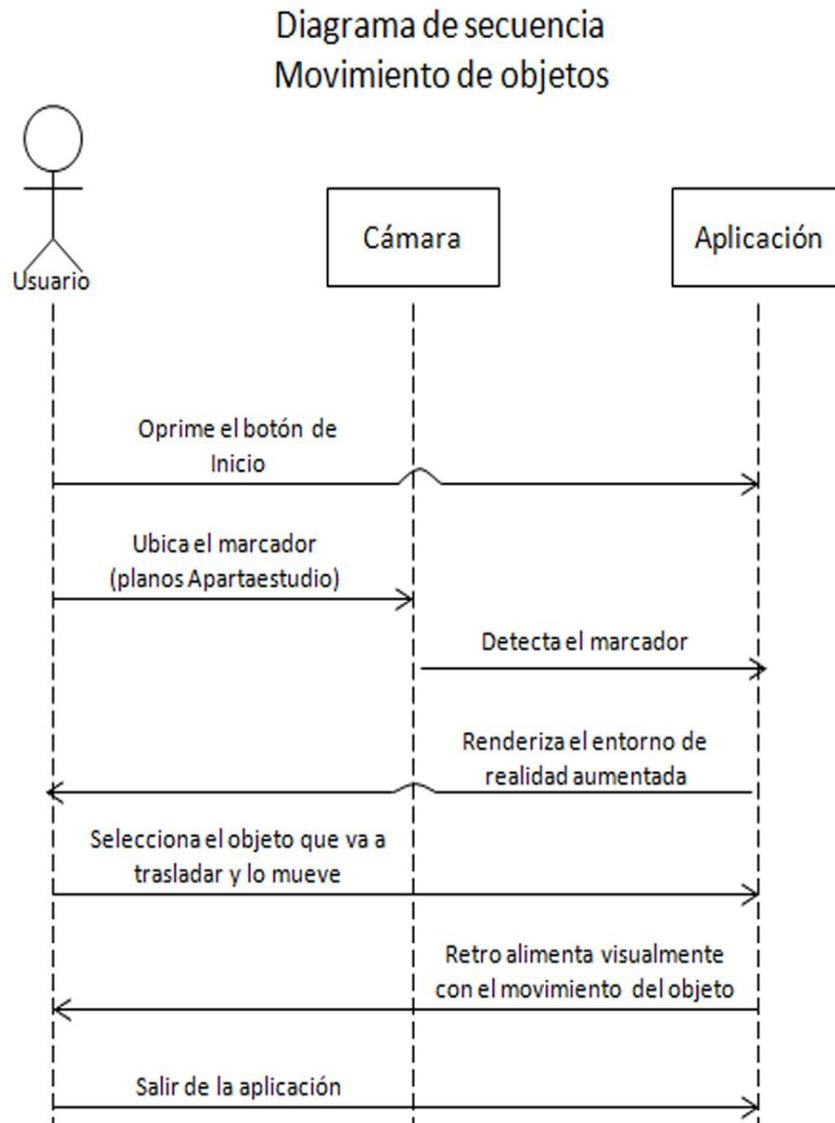


Figura 9 Diagrama de secuencia 1

Diagrama de secuencia Rotación de objetos

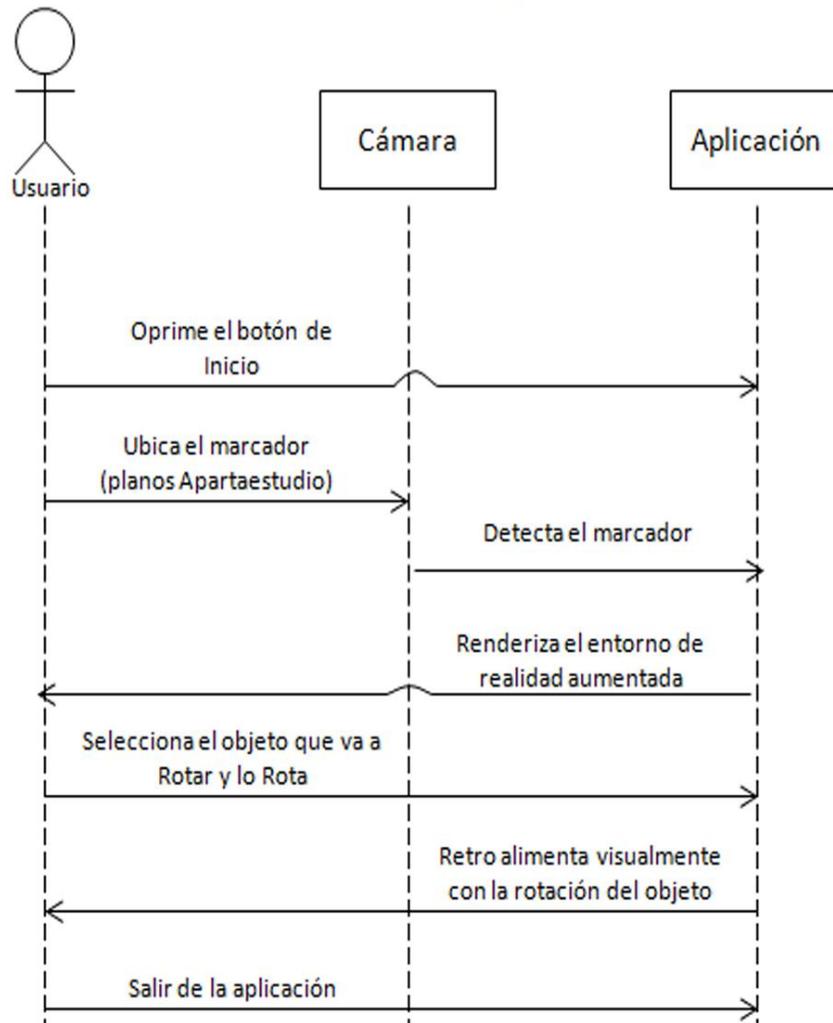


Figura 10 Diagrama de secuencia 2

Diagrama de secuencia Cambio de textura y/o color

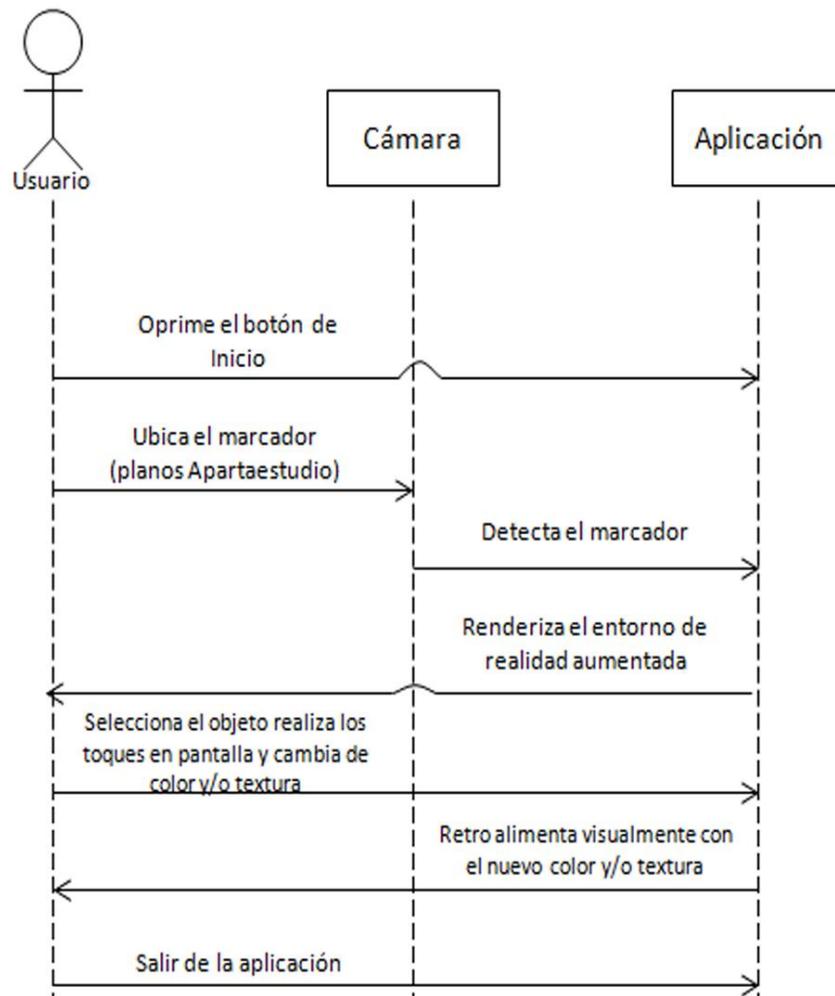


Figura 11 Diagrama de secuencia 3

Diagrama de secuencia Cambio de Agregar y retirar utilería

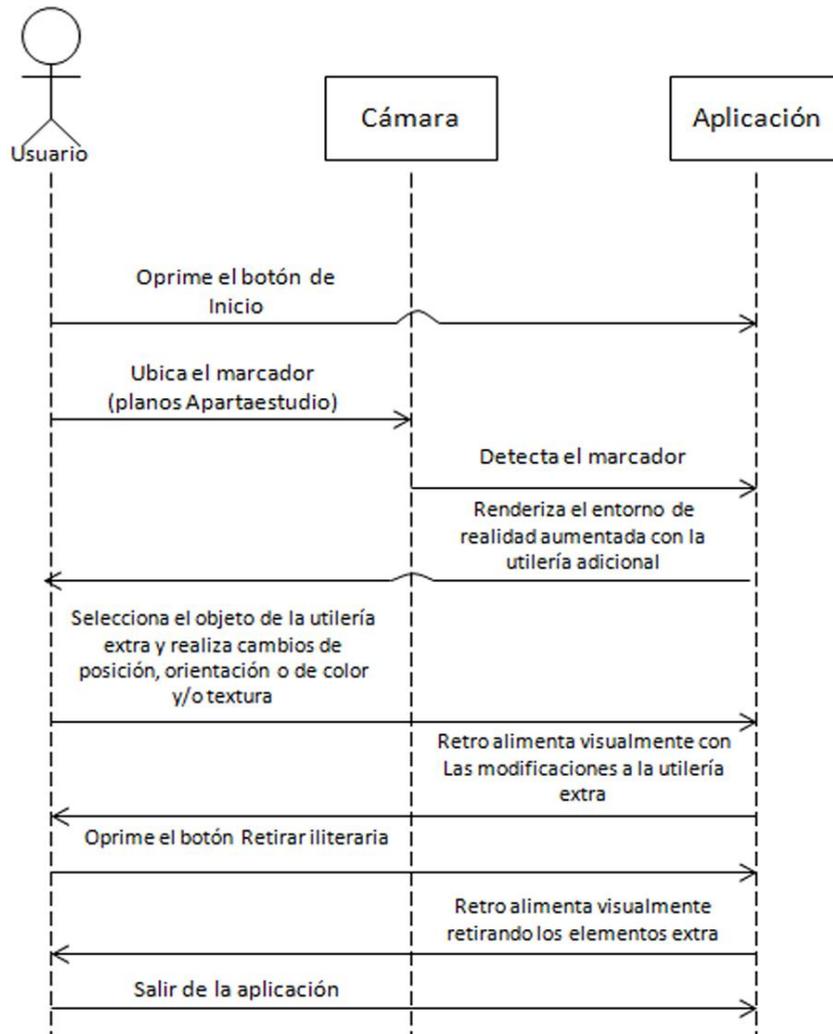


Figura 12 Diagrama de secuencia 4

Diagrama de secuencia Ir al sitio Web

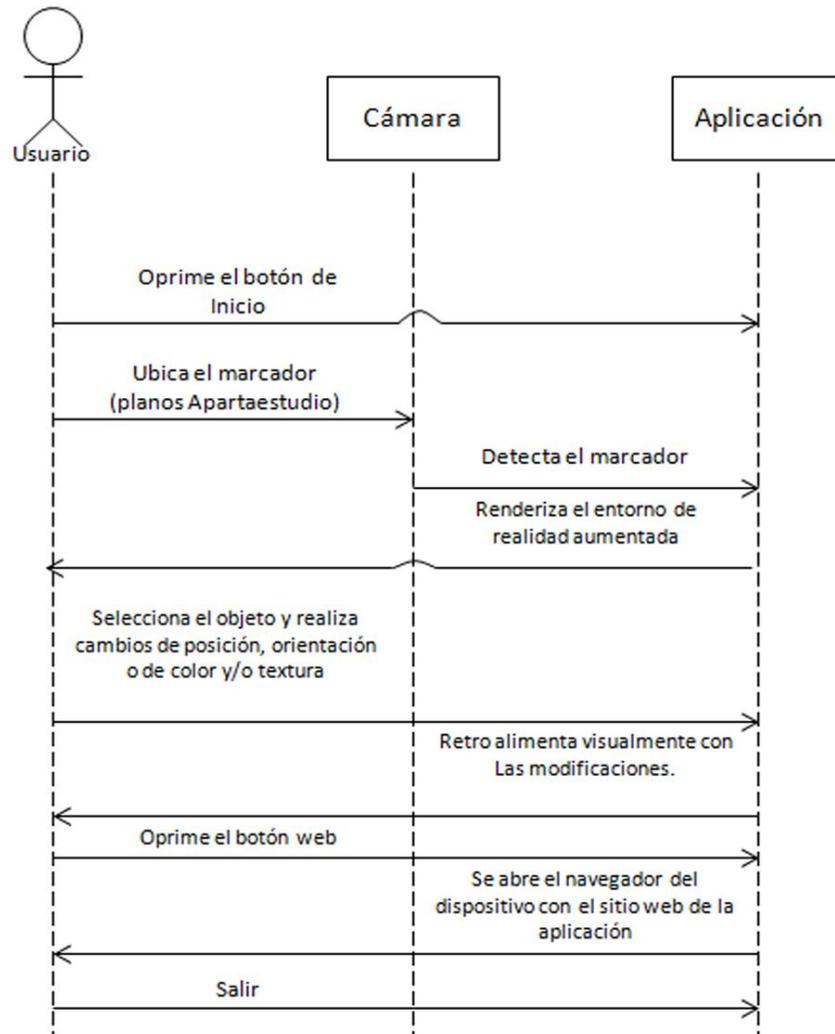


Figura 13 Diagrama de secuencia 5

CAPITULO 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este Capítulo se presenta el diseño e implementación del aplicativo, tomando como base los elementos necesarios para su desarrollo.

4.1 INTERACCIÓN

El marcador está definido por el plano del aparta estudio compuesto de sala comedor, cocina, habitación principal, estudio, patio y dos baños, es el medio de interacción necesario para visualizar el entorno de realidad aumentada es importante resaltar que esto se puede aplicar a cualquier otro tipo de plano u proyecto (Ver figura 14). El marcador se desarrolla utilizando programas de edición de imágenes vectoriales y su construcción se realiza a partir de los planos del apartamento. El marcador debe ofrecer geometrías claramente definidas y alto contraste entre fondo y bordes para facilitar su correcta detección en el sistema de RA.



Figura 14 Marcador – Planos del apartaestudio

4.1.1 Mecánicas de interacción

La interacción del usuario con el prototipo se desarrolló considerando los ciclos y posibles rutas de navegación que el usuario tiene a disposición según el diagrama presentado en la figura 15.

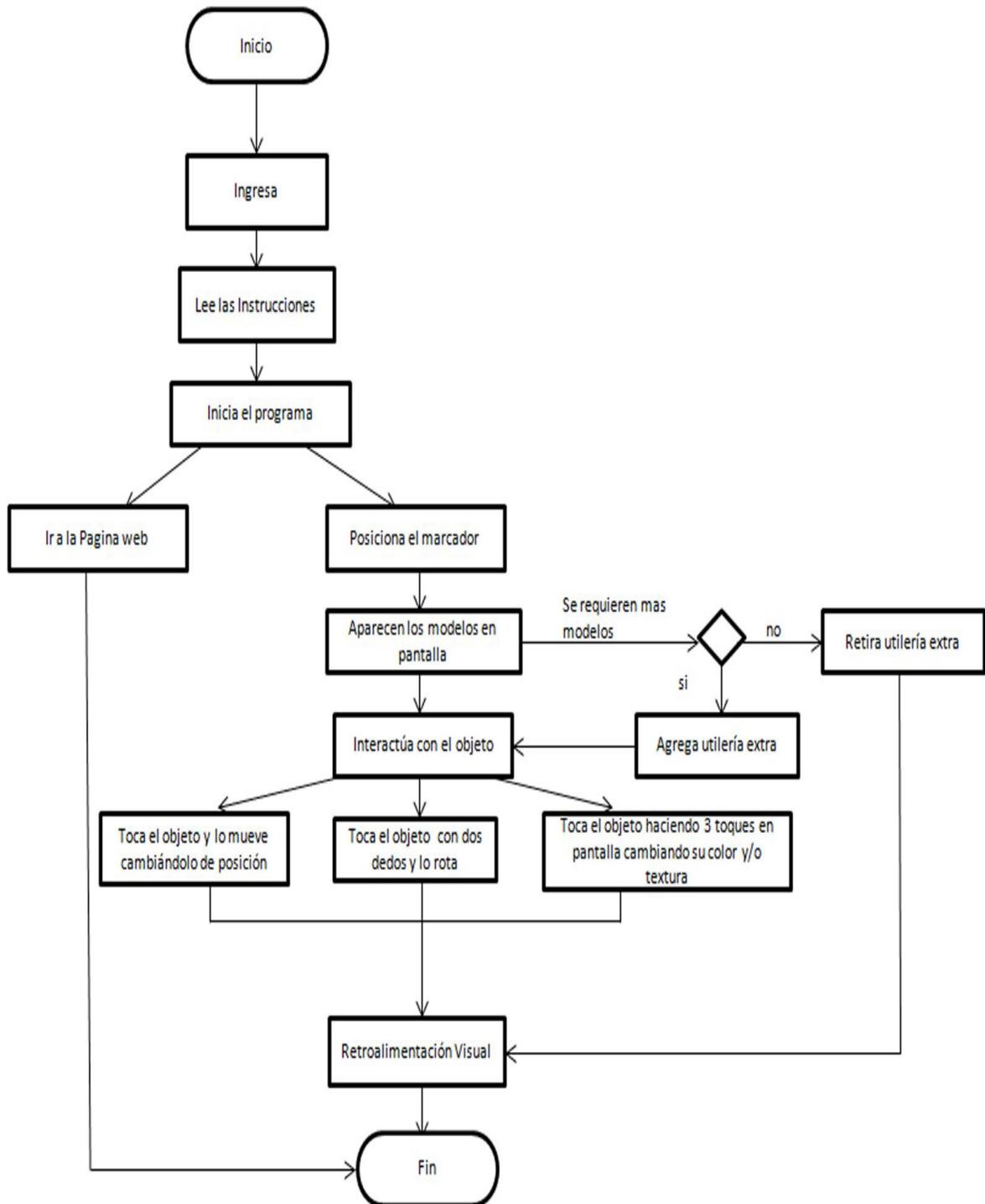


Figura 15 Mecánicas de interacción

4.2 INTERFAZ DE USUARIO

El menú está compuesto por una interfaz en la cual se visualiza una imagen renderizada del modelo, ésta permite interactuar por medio de botones ubicados en la esquina inferior izquierda con los que es posible acceder a las instrucciones además de un botón de inicio en el que se presenta una segunda interfaz donde se podrá observar el aparta estudio por medio de realidad aumentada o si el usuario lo desea simplemente salir del aplicativo, en la esquina superior izquierda se ubicó el nombre del prototipo “AR Architecture Model”, AR hace referencia a las siglas en ingles de Augmented Reality o realidad aumentada (Ver figura 16).



Figura 16 Menú

4.2.1 Menú de instrucciones

Este es accesible por el botón de instrucciones ubicado en el menú principal, está compuesto de 4 pantallas en las cuales se puede visualizar imágenes renderizadas del apartaestudio a través de un cuadro con transparencia en el que se explica cómo interactuar con la aplicación y en donde se encuentran 2 botones ubicados en las esquinas inferiores mediante los cuales el usuario retrocede, avanza a la siguiente instrucción o se regresa al menú principal. (Ver figura 17).



Figura 17 Menú de instrucciones final

4.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA RA

Para la implementación del prototipo se escogió el SDK de Vuforia para Android el cual se integró con Unity 3D, el uso de estas herramientas posibilitó el desarrollo del aplicativo agilizando el proceso de integración de elementos como modelos, luces, texturas o proyectos enteros provenientes de Autodesk Maya lo que permitió enfocarse en problemas de programación de las mecánicas de interacción del usuario con el aplicativo y lograr una buena calidad visual en el mismo.

Una vez instalado el SDK, se realizó la etapa de modelado y texturizado a partir de los planos arquitectónicos (Ver figura 18). La integración de los modelos con Unity 3D permitió continuar con la programación de scripts sencillos en lenguajes de programación como Javascript y C# (Ver figura 19).

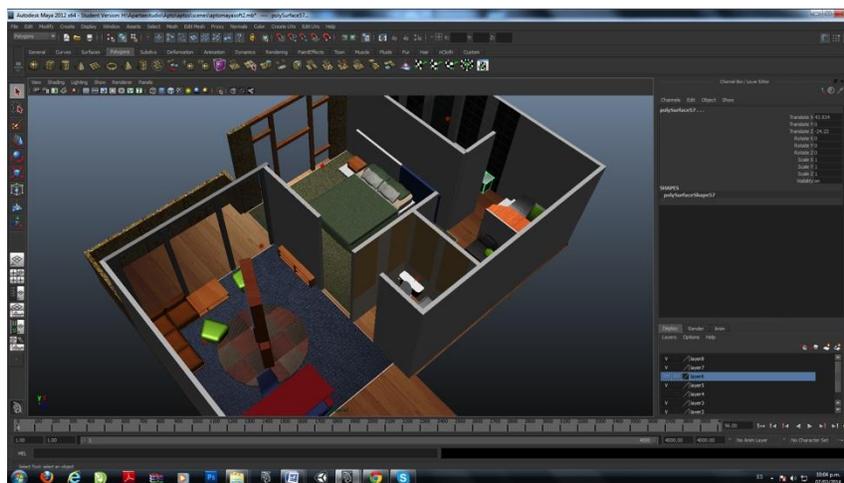


Figura 18 Modelado y Texturizado

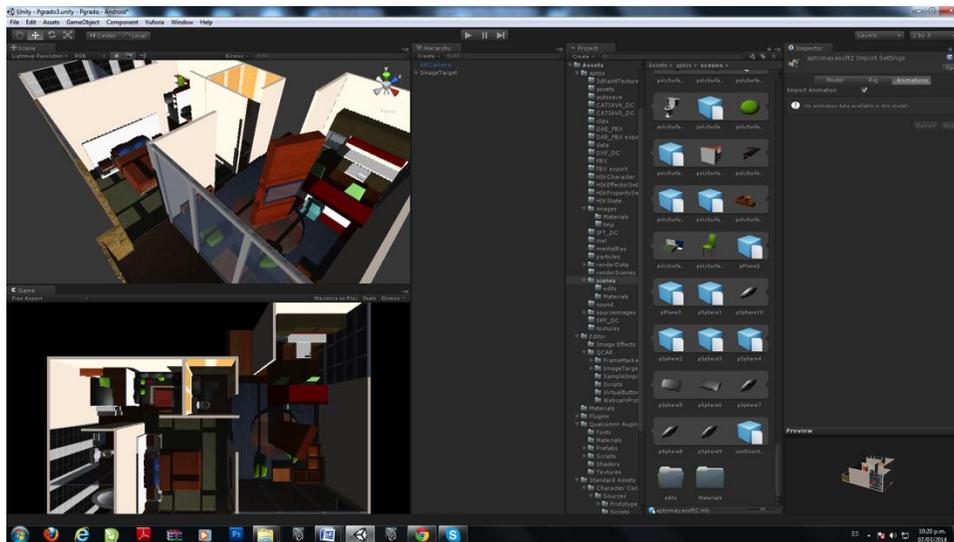


Figura 19 Integración de los modelos con Unity 3D

4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL ENTORNO DE REALIDAD AUMENTADA

Para el desarrollo del entorno de realidad aumentada, se creó una base de datos de marcadores en *Vuforia target manager* vinculando a la misma el plano del apartaestudio, importándolo dentro de Unity (Ver figura 20), se implementó la cámara de realidad aumentada proporcionada por el SDK y se ejecutó la vinculación de los modelos al marcador, finalmente se aplicó una prueba en la cual se permite observar el entorno de realidad aumentada al ubicar el marcador frente a la cámara (Ver figura 21).

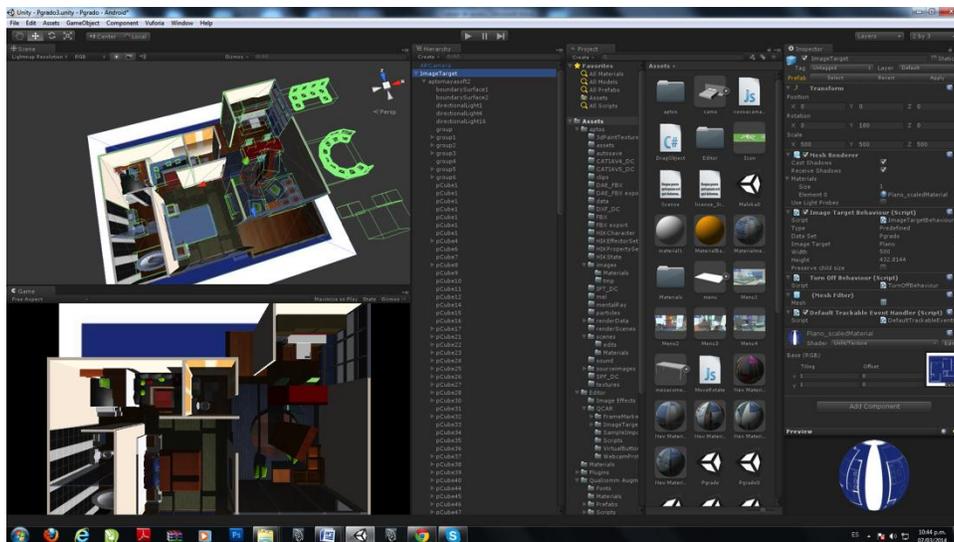


Figura 20 Creación del marcador y vinculación de modelos

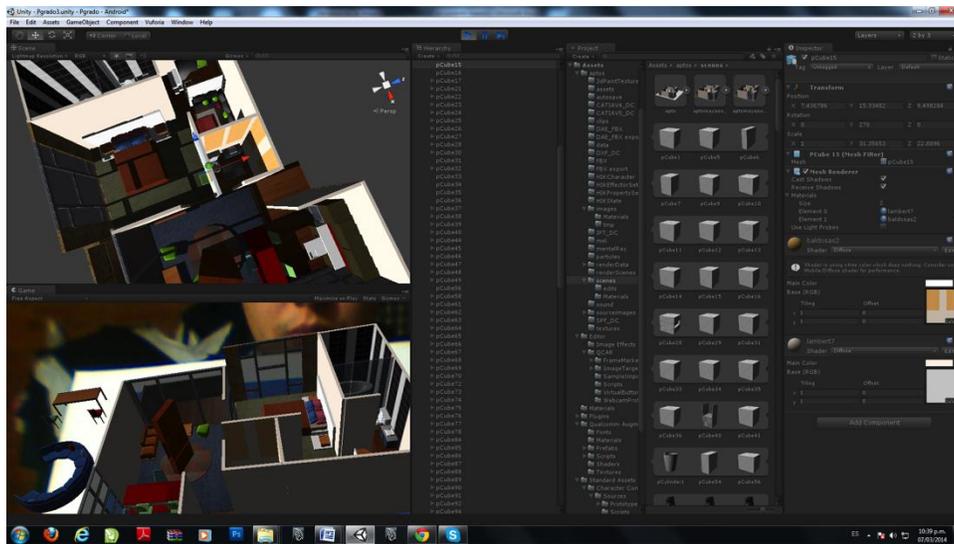


Figura 21 Visualización del entorno de realidad aumentada en Unity 3D

CAPITULO 5. RESULTADOS

Se desarrolló un prototipo de una maqueta arquitectónica interactiva utilizando realidad aumentada en un dispositivo móvil, éste permite y facilita explorar los elementos en su interior e interactuar con ellos. Este aplicativo pretende mostrar cómo puede ser implementada una aplicación de este tipo como apoyo para la presentación de proyectos arquitectónicos.

5.1 ENTORNO DE REALIDAD AUMENTADA

En esta pantalla es donde se visualiza el entorno de realidad aumentada al captar el marcador con la cámara del dispositivo, tiene un menú en la parte izquierda en el cual se encuentran 5 botones (Inicio: Lleva al menú, Agregar utilería, Retirar utilería, Web: Lleva al sitio web, salir) para interactuar con la aplicación. Estos botones están diseñados para ocupar el mínimo espacio posible dentro de la pantalla del aplicativo para comodidad del usuario mientras interactúa con los objetos (Ver figura 22).



Figura 22 Interfaz del entorno de realidad aumentada

5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LAS MECÁNICAS DE INTERACCIÓN

Para la implementación de las mecánicas de interacción descritas en la sección 4.1.2 fue desarrollado un *script* en C# que permite realizar la traslación (Ver figura 23), rotación (Ver figura 24) y cambio de color y/o textura en la utilería presente en el modelo del apartaestudio (Ver figura 25) al interactuar con la pantalla del dispositivo.

La estructura física del aparta estudio no sufrirá modificaciones de posición ni orientación, sin embargo al usuario se le permite cambiar el color de los muros a cuatro opciones diferentes (azul, anaranjado, rosado y blanco).

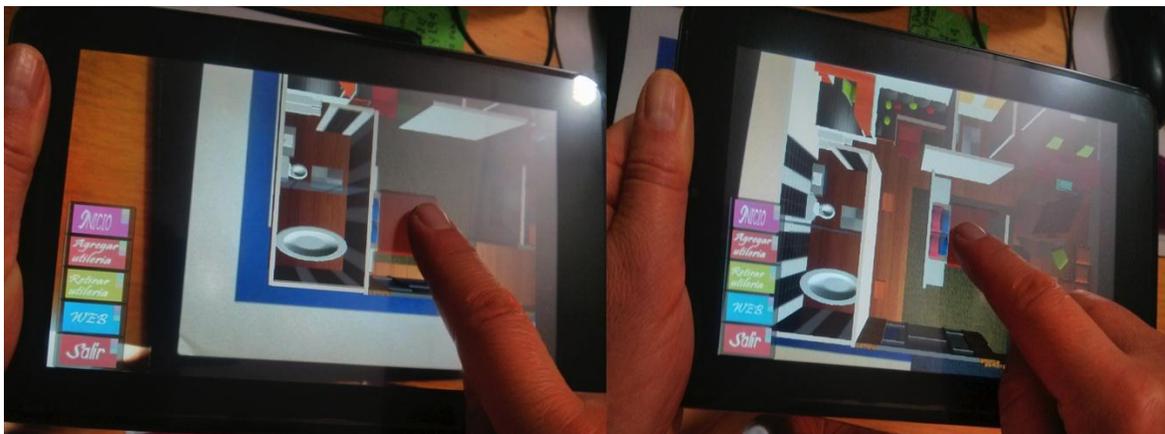


Figura 23 Traslación de objetos con un solo toque

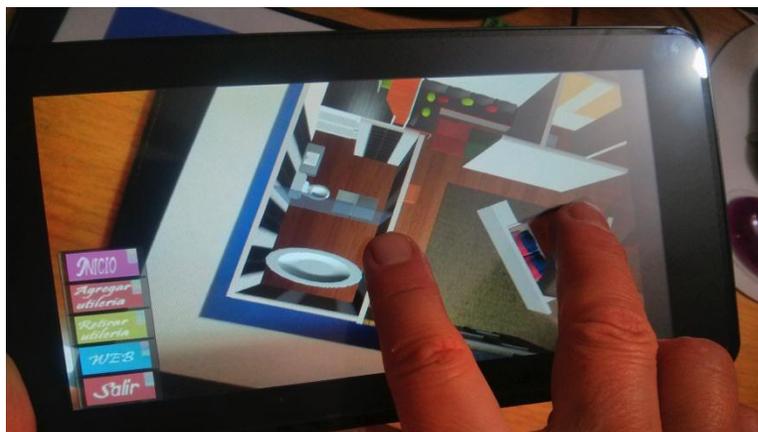


Figura 24 Rotación de objetos basado en tacto de dos dedos



Figura 25 Cambio de Color y/o textura a través de toques con tres dedos sobre el objeto

Las acciones de agregar y retirar utilería e ir al sitio web de la aplicación se implementaron por medio de botones en pantalla de la en la interfaz del entorno de realidad aumentada, programadas a partir de scripts de *JavaScript* (Ver figuras 26,27).

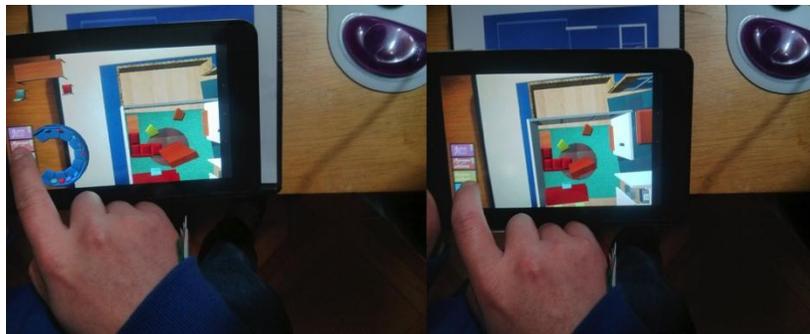


Figura 26 Agregar – Retirar utilería

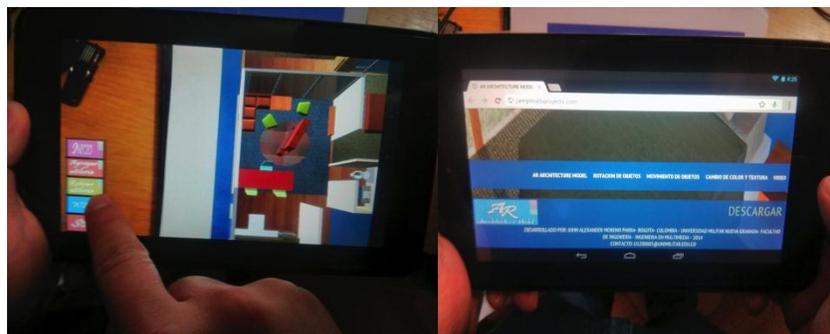


Figura 27 Ir al sitio Web

5.3 PROTOTIPO FINAL *AR ARCHITECTURE MODEL*

AR Architecture Model, el resultado final del prototipo, es un aplicativo para dispositivos Android 4.1 o superior, las características de éste se pueden observar en la tabla y su aspecto final en la (Ver figura 28).

Tabla 9 resultados prototipo final

	Especificaciones
Resolución	Dependiendo el dispositivo en el que esté instalada suele variar, las pruebas se desarrollaron en una tablet HP Slate 7 - 2800 la que cuenta con una resolución de 600 x 1024 píxeles.
Plataforma	Android 4.1 o superior
Modelos	La aplicación cuenta con el modelo 3D de un apartaestudio compuesto de sala, comedor, cocina, estudio, alcoba principal y dos baños, en los cuales se encuentran modelos de utilería con las que el usuario podrá interactuar.
Interfaz y botones	<ul style="list-style-type: none"> - Menú principal en donde se encuentran 3 botones para ingresar a la interfaz del entorno de realidad aumentada, menú de instrucciones y salir. - Interfaz del entorno de realidad aumentada donde se interactúa con los objetos, cuenta con 5 botones que permiten agregar o retirar utilería extra, ir al menú principal, ir al sitio web de la aplicación o salir. - Menú de instrucciones, cuanta con 2 botones en las esquinas inferiores del dispositivo.
Descripción	El usuario puede realizar cambios en la posición, orientación, de la utilería en el aparta estudio al igual que modificar color y/o textura en estos y en las paredes.



Figura 28 Prototipo final

5.4 SITIO WEB

Como complemento al aplicativo desarrollado, se diseñó e implementó el sitio web de la aplicación, este es accesible por medio del botón “Web” ubicado en la interfaz del entorno de realidad aumentada. Al seleccionar esta opción el usuario es dirigido de manera automática a la dirección <http://jampmultiprojects.com/> por medio del navegador del dispositivo.

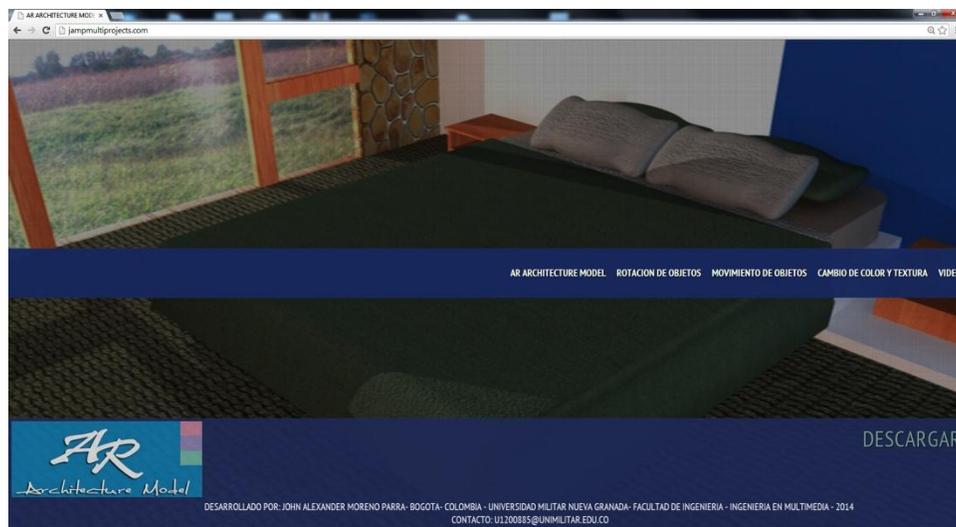


Figura 29 Sitio Web

Este sitio está compuesto de un menú de navegación en donde al dar clic se cambia la imagen de fondo por una serie de imágenes renderizadas del aparta estudio, es posible acceder a una breve reseña informativa del proyecto, a las instrucciones para el uso apropiado del aplicativo y a un video donde se muestra el prototipo en funcionamiento, también se observa una sección de contacto en el cual se encuentra el link de descarga del aplicativo (Ver figuras 29, 30, 31,32).

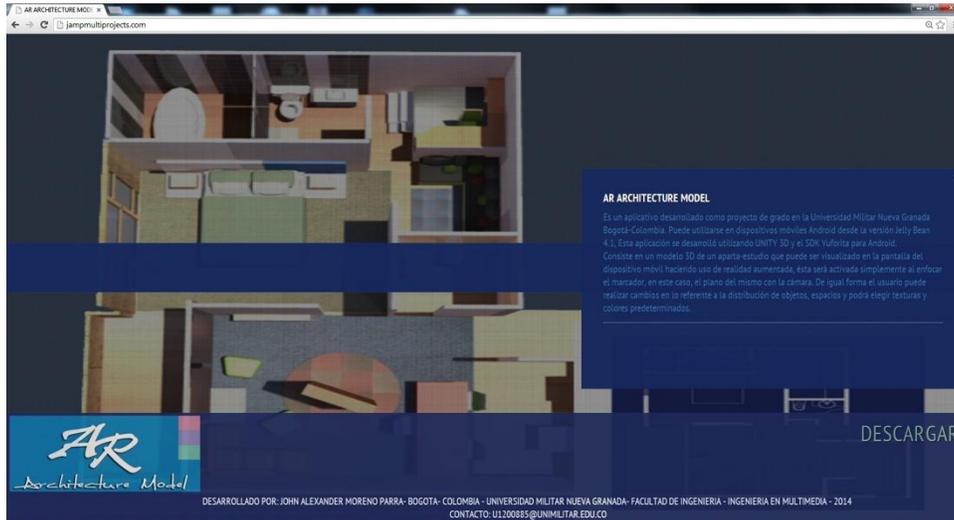


Figura 30 Sitio Web



Figura 31 Sitio Web

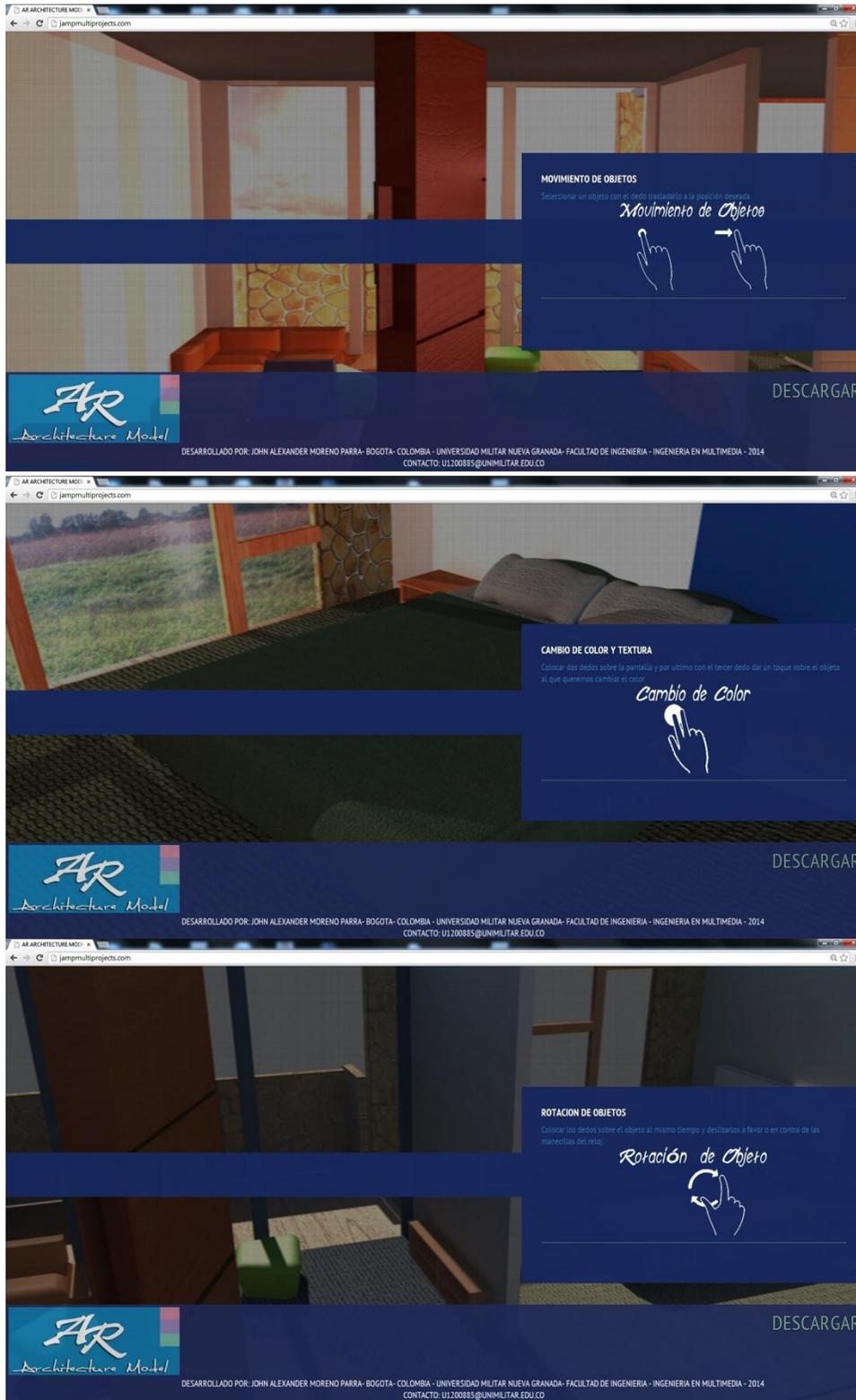


Figura 32 Sitio Web

5.5 VALIDACIÓN Y ENCUESTAS

Las pruebas se realizaron utilizando una tablet HP Slate 7 2800 con diferentes tipos de usuarios, algunos con conocimiento previo acerca del concepto de realidad aumentada. La evaluación del prototipo por parte de ellos fue buena y en especial se destacó el uso de la realidad aumentada como tema afín para la presentación de proyectos arquitectónicos, de igual manera las opciones de interacción con la utilería propuesta y la calidad de las texturas fue de su agrado.

Se aplicaron 2 encuestas a diferentes personas, la primera de ellas contaba con 4 preguntas que se desarrollaron antes de la implementación del prototipo, con el fin de conocer con que elementos de los medios convencionales para la venta de apartamentos y utilería habían interactuado los usuarios, cuáles de ellos eran decisivos en su opción de compra y que inconvenientes solían presentarse al momento de utilizarlos.

Estas fueron las preguntas realizadas y los resultados obtenidos:

¿Qué elementos de visualización esperaba usar a la hora de comprar un apartamento?

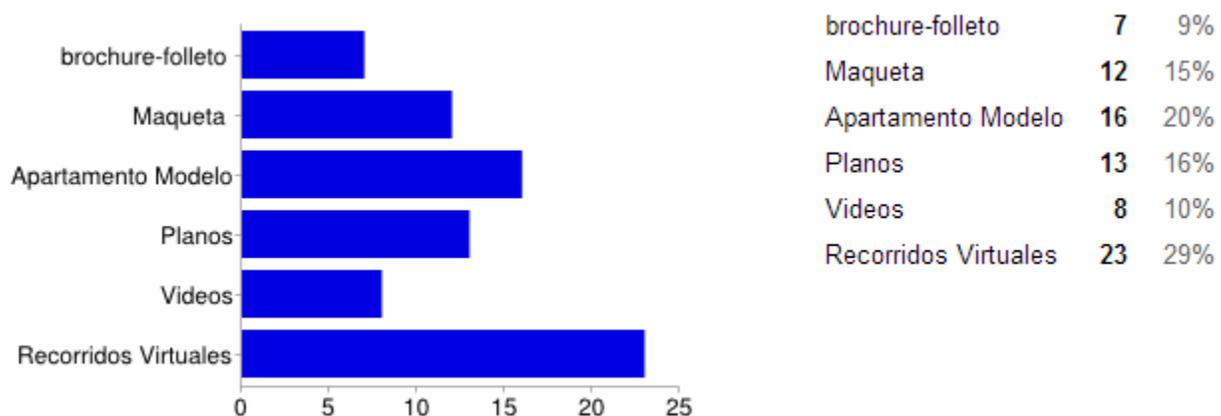


Figura 33 Encuesta

¿Ha utilizado alguna de las siguientes herramientas para comprar espacios o elementos decorativos?

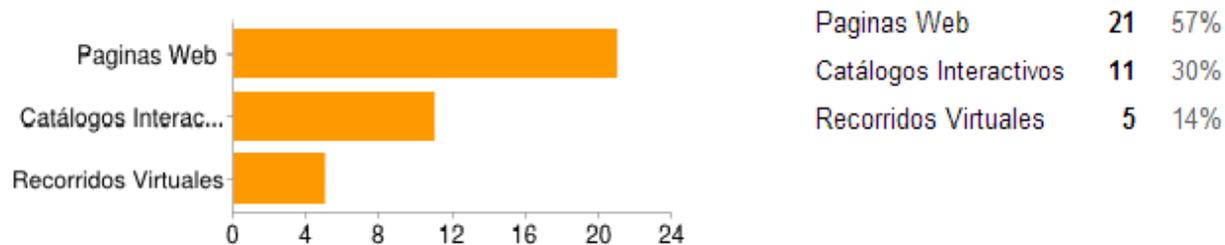


Figura 34 Encuesta

¿De los ítems anteriores cual es decisivo para su opción de compra?

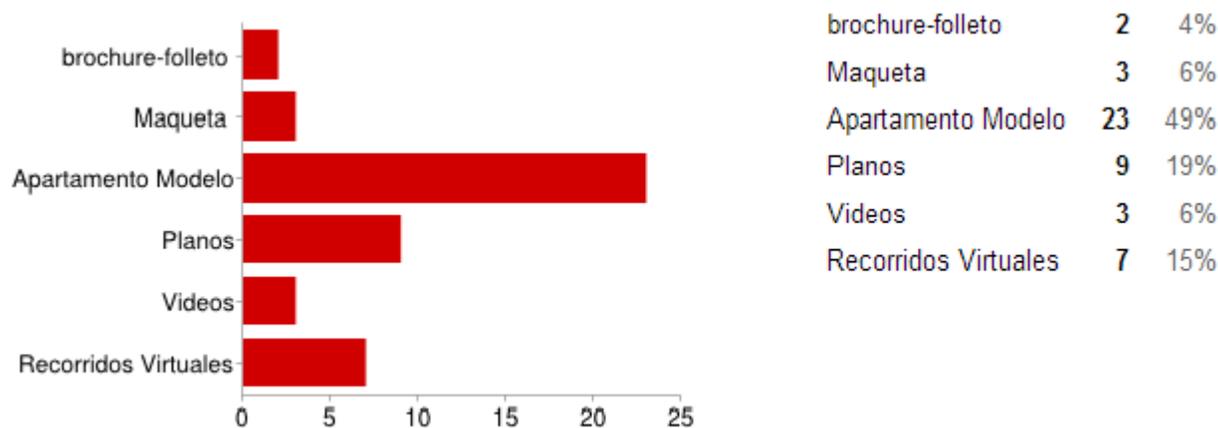


Figura 35 Encuesta

¿Qué inconvenientes se le han presentado a la hora de visitar salas de ventas de apartamentos?

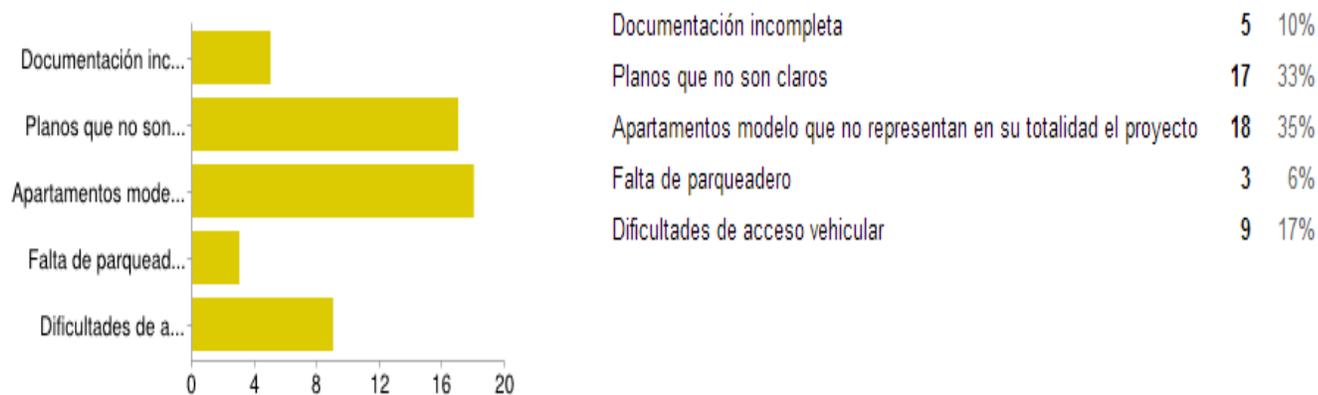


Figura 36 Encuesta

Del resultado de esta encuesta se observó que la página web jugaba un papel importante como medio informativo para los usuarios, factor que motivo el hecho de implementar el sitio web para el aplicativo, del mismo modo se observó que el apartamento modelo era el elemento más decisivo para la opción de compra de los usuarios puesto a las opciones de inmersión e interacción que este ofrece.

La segunda encuesta constaba de 7 preguntas relacionadas con los aspectos del aplicativo y la experiencia de uso, las preguntas realizadas y los resultados obtenidos fueron los siguientes:

¿Considera que el aplicativo es fácil de usar?

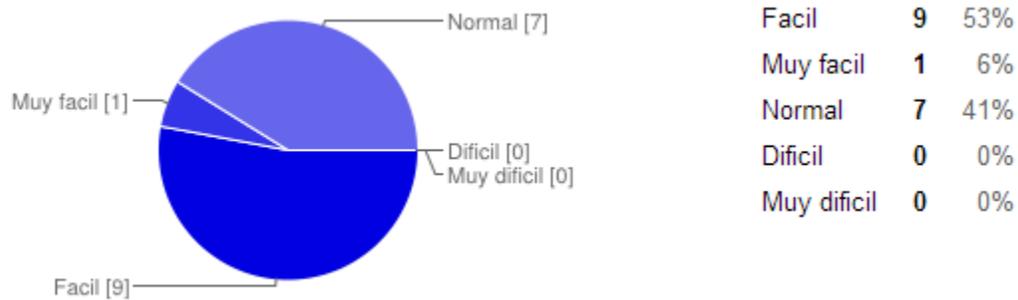


Figura 37 Encuesta

Teniendo en cuenta que esto es un prototipo cree que los gestos y la interfaz son:

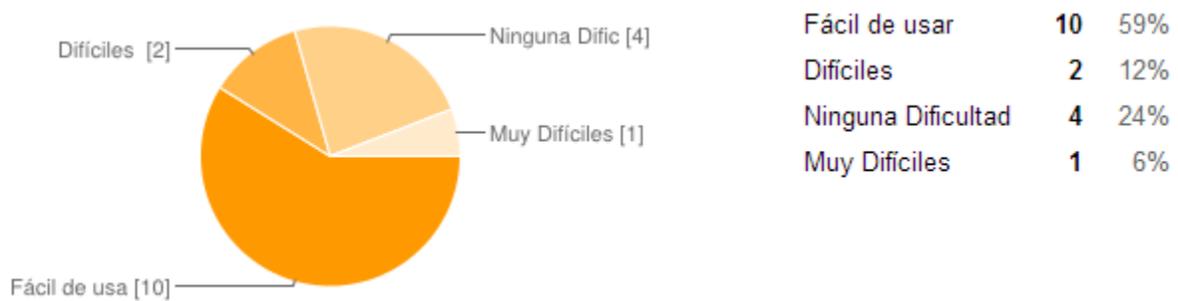


Figura 38 Encuesta

¿Qué fue lo que más le llamo la atención de la aplicación?

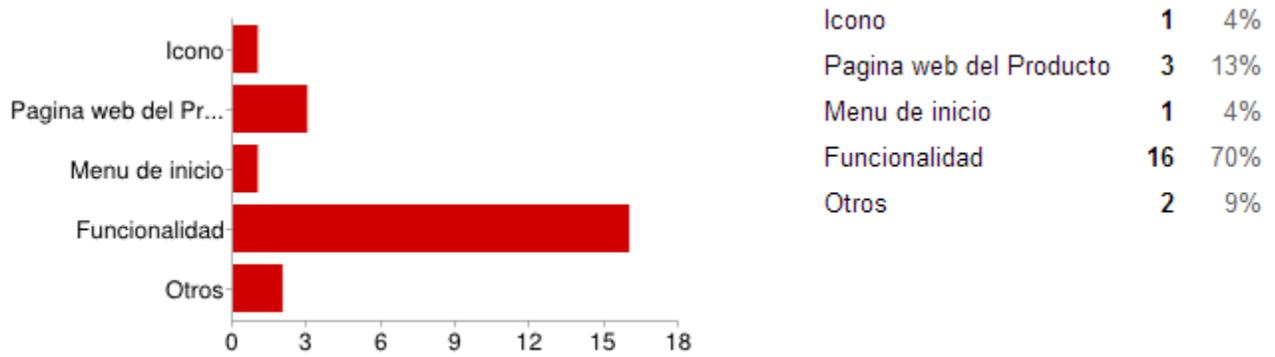


Figura 39 Encuesta

¿Considera que el aplicativo puede complementar los medios actuales de venta de inmuebles?

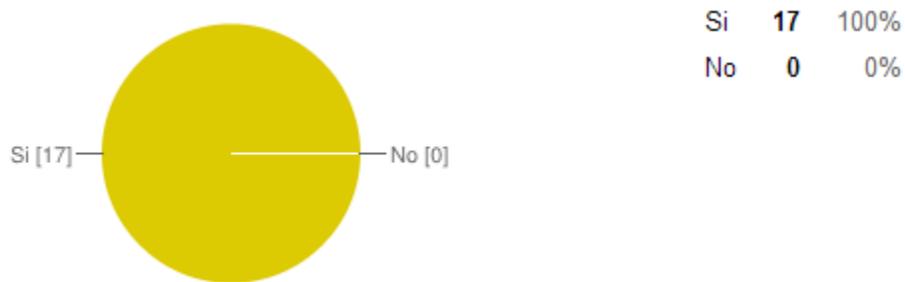


Figura 40 Encuesta

¿Considera que conocer el espacio y las distribuciones sobre un modelo 3D mejora su entendimiento sobre el proyecto?

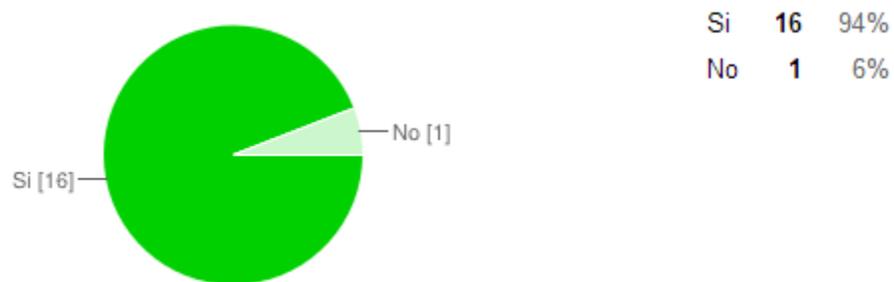


Figura 41 Encuesta

¿Utilizaría usted una aplicación como esta para sus opciones de compra?

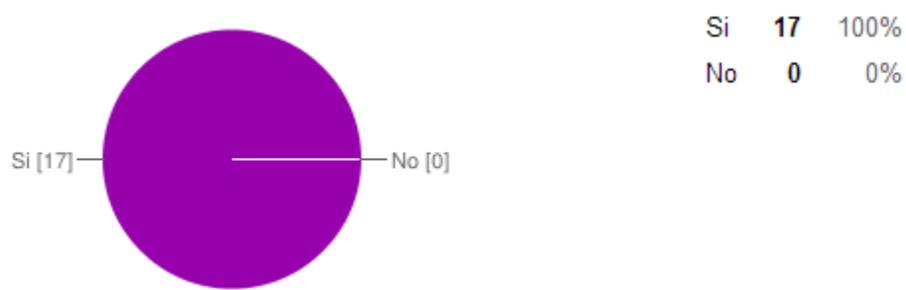


Figura 42 Encuesta

Se realizó una última pregunta a los usuarios para conocer sugerencias sobre el prototipo actual, ésta era ¿aparte de las opciones de trasladar, rotar y cambiar de apariencia que otra opción le gustaría que se implementara en el aplicativo? La gran mayoría de los usuarios contestó opciones de alejar y acercar ya que muchos querían una vista interna del modelo sin necesidad de acercar el dispositivo aunque afirmaron que al acercarse al modelo se veía muy bien. Además de la anterior respuesta común también fueron mencionados aspectos relacionados con la implementación de opciones de transparencia de los muros del modelo, añadir más utilidad y retirarla con un botón.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES

Al analizar los elementos disponibles en una sala de ventas, se logró determinar que los modelos tradicionales para la presentación de proyectos arquitectónicos como maquetas, apartamentos modelos, planos, videos e imágenes renderizadas, ofrecen ventajas a los usuarios como informar, interactuar, explorar y visualizar; sin embargo, el uso de un aplicativo que utiliza realidad aumentada, permite complementar estas experiencias sacando provecho de los dispositivos móviles los cuales se han venido masificando, gracias a la implementación de un entorno de realidad aumentada los usuarios visualizan un modelo 3D de un apartamento; con base al plano del mismo proporcionándoles la capacidad de navegar libremente explorando en su totalidad el entorno, modificando la atmosfera predeterminada sin la necesidad de hacer ningún esfuerzo y sin preocuparse por averiar elementos de utilería, que pueden ser modificados con tan solo tocar la pantalla del dispositivo según las mecánicas de interacción implementadas.

A partir del software seleccionando y los *plug-ins* utilizados se logró un desarrollo rápido del prototipo de la aplicación, por otro lado el uso de estos permitió que el marcador pudiera ser captado a una distancia considerable por la cámara lo que facilito la interacción y la visualización de los elementos. Este prototipo tuvo un alto grado de aceptación por parte de los usuarios que lo probaron como se evidencia en las encuestas realizadas, donde se indicó que era fácil de usar, que el mecanismo de interacción por medio de toques era intuitivo, que su funcionalidad era lo que más les llamaba la atención y que utilizarían un aplicativo como este para sus opciones de compra puesto que es agradable e interesante.

Es importante resaltar, que este aplicativo se puede adaptar a diferentes tipos de plano o proyectos incorporando nuevos modelos, texturas y materiales además de las mecánicas de interacción ya desarrolladas o incorporando unas nuevas.

A. APÉNDICE

A1 Diagramas de actividades

Diagrama de Actividad
Movimiento de Objetos

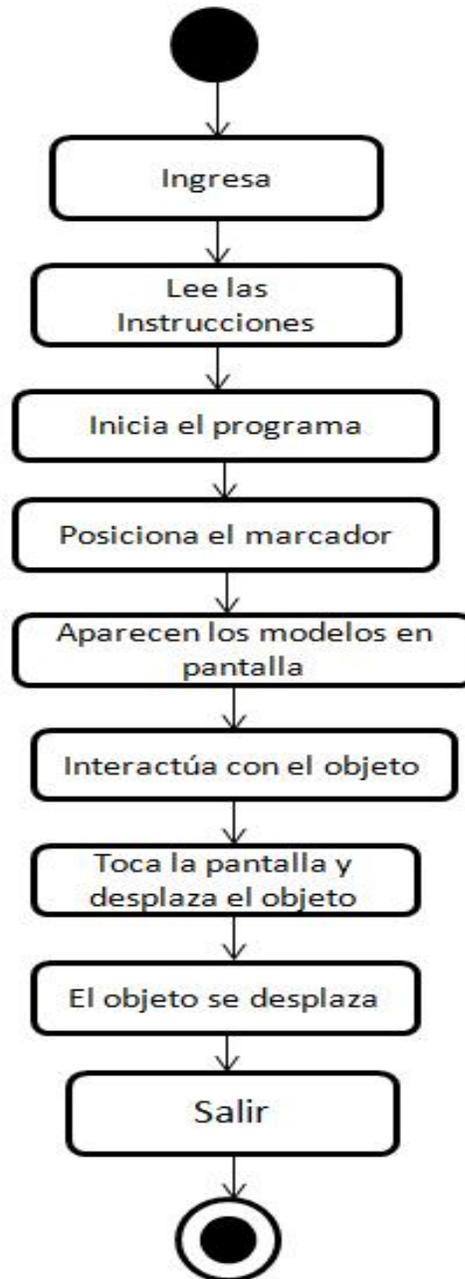


Figura 43 Diagrama de actividad 1

Diagrama de Actividad
Rotación de Objetos

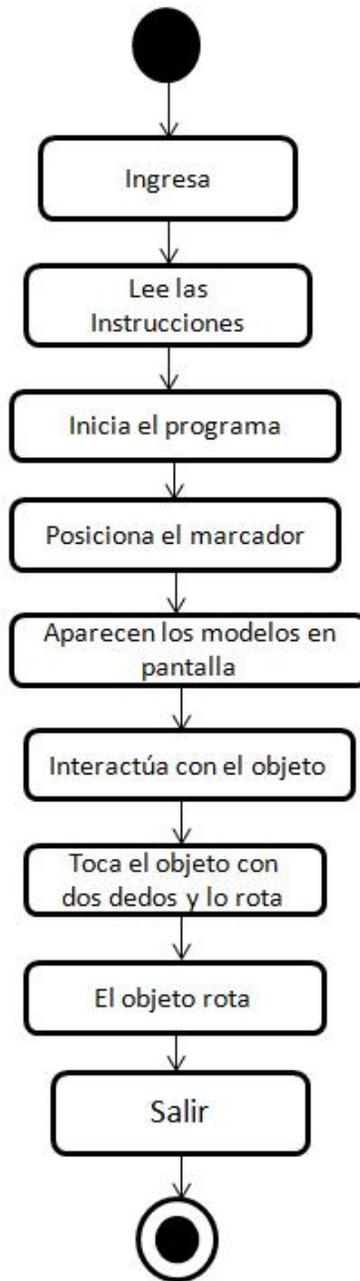


Figura 44 Diagrama de actividad 2

Diagrama de Actividad
Cambio de textura y/o color



Figura 45 Diagrama de actividad 3

Diagrama de Actividad Agregar y retirar utilería

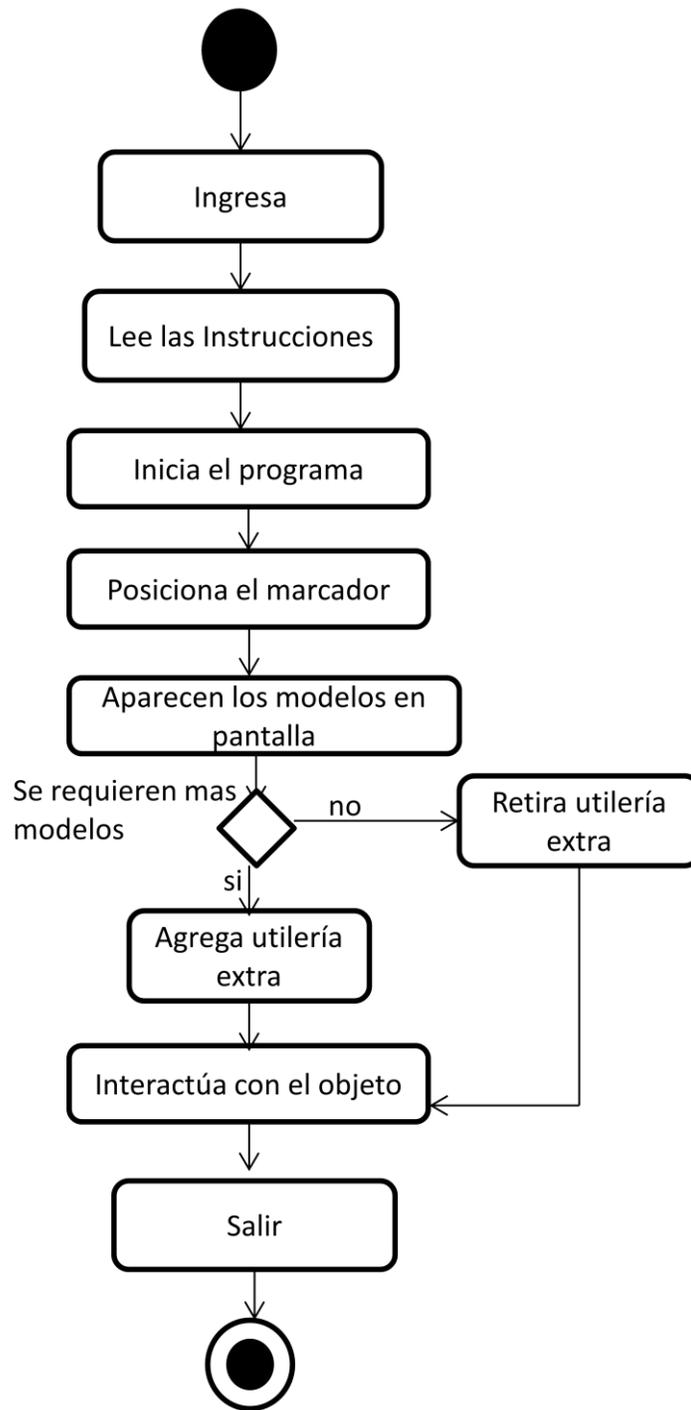


Figura 46 Diagrama de actividad 4

Diagrama de Actividad
Ir al sitio Web de la aplicación

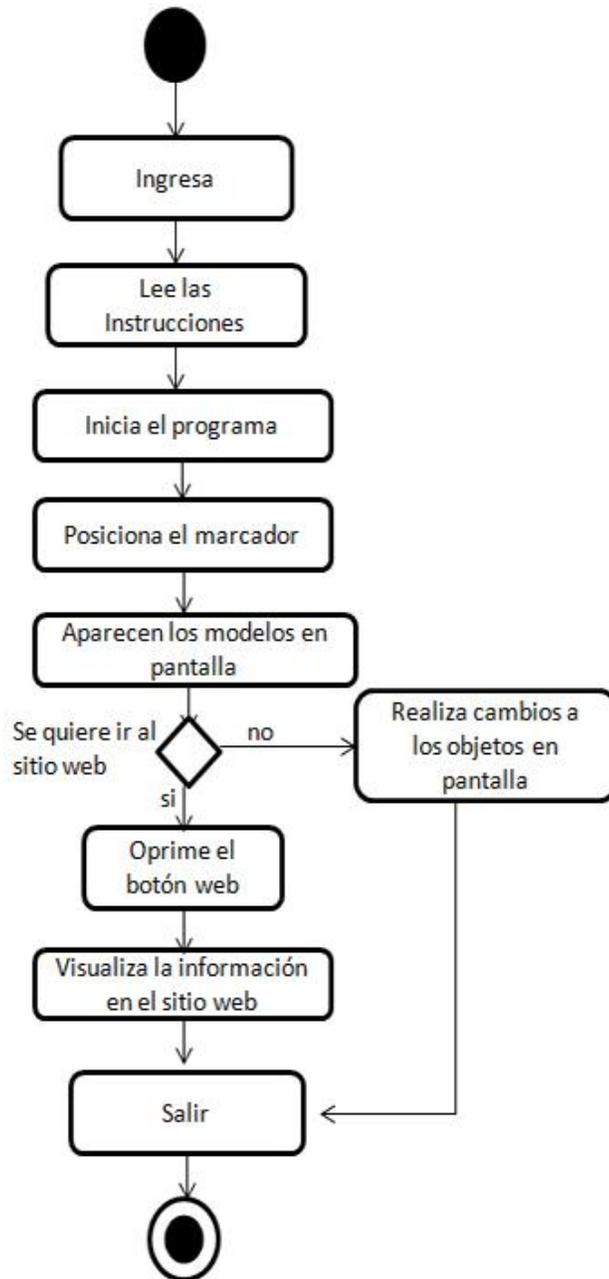


Figura 47 Diagrama de actividad 5

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Chehimi, F.; Coulton, P.; Edwards, R., «*Augmented Reality 3D Interactive Advertisements on Smartphones*, » *Management of Mobile Business, 2007. ICMB 2007. International Conference on the*, vol., no., pp.21, 21, 9-11 July 2007
- [2] «Kubac, L.; Benes, F.; Kebo, V.; Stasa, P., «RFID and Augmented Reality, » *Carpathian Control Conference (ICCC), 2013 14th International*, vol., no., pp.186, 191, 26-29 May 2013
- [3]«X. Wang, «*Implementation and Experimentation of a Mixed Reality Collaborative Design Space*, » in *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 5236, W. Shen, J. Yong, Y. Yang, J. Barthes, and J. Luo, Eds. SPRINGER-VERLAG BERLIN, 2008, pp. 111-122.
- [4] «CAD». [En línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448508001334>. [Accesado: 23-Jul-2013].
- [5] «Appshaker Ltd, « *Live Augmented Reality for National Geographic Channel / UPC* » [En línea]. Disponible en: <http://vimeo.com/31479392#at=0>. [Accesado: 23-Jul-2013].
- [6] «3D REWIND ROME». [En línea]. Disponible en: http://www.3drewind.com/spa/viaje_virtual.htm. [Accesado: 20-Jul-2013].
- [7] « Piekarski, W.; Thomas, B.H., « *Tinmith-Metro: new outdoor techniques for creating city models with an augmented reality wearable computer*, » *Wearable Computers, 2001. Proceedings. Fifth International Symposium* on, vol., no., pp.31,38, 2001
- [8] « Matyszczok, C.; Wojdala, A., «*Rendering of highly polygonal augmented reality applications on a scalable PC-cluster architecture*, » *Mixed and Augmented Reality, 2004. ISMAR 2004. Third IEEE and ACM International Symposium* on, vol., no., pp.254,255, 2-5 Nov. 2004
- [9] « Riera, A.S.; Redondo, E.; Fonseca, D., « *Lighting simulation in augmented reality scenes: Teaching experience in interior design*, » *Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference on*, vol., no., pp.1, 6, 20-23 June 2012

- [10] « Realidad Virtual » [En línea]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual. Accesado: 23-Jul-2013].
- [11] «Sensorama». [En línea]. Disponible en: <http://www.mortonheilig.com/>. [Accesado: 23-Jun-2013].
- [12] «Sensorama». Heilig, M. L. (1962). *U.S. Patent No. 3,050,870*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- [13] «Realidad Virtual 3D y Realidad ». [En línea]. Disponible en: <http://redgrafica.com/Realidad-virtual-y-realidad>. [Accesado: 23-Jul-2013].
- [14] «R. Azuma, «A Survey of Augmented Reality», *Presence*, vol. 6, pp. 355-385, 1997.
- [15] « Young, J.; Sharlin, E.; Igarashi, T., «*Mixed Reality and Human-Robot Interaction*, » 2011.
- [16] « Nakevska, M.; Jun Hu; Langereis, G.; Rauterberg, M., «Alice's adventures in an immersive mixed reality environment, » *Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2012 IEEE International Symposium on* , vol., no., pp.303,304, 5-8 Nov. 2012
- [17] «Blum, T.; Kleeberger, V.; Bichlmeier, C.; Navab, N.; « *mirracle: Augmented Reality in-situ visualization of human anatomy using a magic mirror*, » *Virtual Reality Workshops (VR), 2012 IEEE* , vol., no., pp.169-170, 4-8 March 2012.
- [18] «Juanio». [En línea]. Disponible en: <https://itunes.apple.com/co/app/junaio-navegador-realidad/id337415615?mt=8>. [Accesado: 25-ene-2014].
- [19] «Layar». [En línea]. Disponible en: <https://www.layar.com/>. [Accesado: 25-ene-2014].
- [20] «World's First Augmented Reality Architecture Application: Sara». [En línea]. Disponible en: <http://freshome.com/2010/01/19/world%E2%80%99s-first-augmented-reality-architecture-application-sara/>. [Accesado: 20-Jul-2013].

- [21] «Antonio Suazo Navia.; « Realidad aumentada sobre web y video en tiempo real: Plataforma de trabajo colaborativo para asistir al diseño arquitectónico, » Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile, Chile. URL: http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2008_161.content.pdf
- [22] «Ernest Redondo1.; Isidro Navarro1.; Albert Sánchez 2.; David Fonseca3.; «*Augmented reality on architectural and building engineering learning processes. Two study cases*»
- [23] «IKEA Launches Interactive Augmented-Reality Catalog For 2013», [En línea]. Disponible en: <http://freshome.com/2012/07/19/ikea-launches-interactive-augmented-reality-catalog-for-2013/>. [Accesado:23-Jul-2013].
- [24] «Takacs, G.; El Choubassi, M.; Yi Wu; Kozintsev, I., «3D mobile augmented reality in urban scenes, » *Multimedia and Expo (ICME), 2011 IEEE International Conference on*, vol., no., pp.1,4, 11-15 July 2011 doi:10.1109/ICME.2011.6012101
- [25] «Keil, J.; Zollner, M.; Becker, M.; Wientapper, F.; Engelke, T.; Wuest, H., «The House of Olbrich — An Augmented Reality tour through architectural history, » *Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities (ISMAR-AMH), 2011 IEEE International Symposium On* , vol., no., pp.15,18, 26-29 Oct. 2011 doi:10.1109/ISMAR-AMH.2011.6093651
- [26] «Augmented Reality Architecture» [En línea]. Disponible en: <http://www.3dinteractive.se/en/>. [Accesado: 21-Jul-2013].
- [27] «Viewar», [En línea]. Disponible en: <http://www.viewar.com/>[Accesado: 22-Jul-2013].
- [28] «AutoDesk Homestyler», [En línea]. Disponible en:<http://es.homestyler.com/mobile>. [Accesado: 25-sep-2013].
- [29] «Anagnostou, K.; Vlamos, P., «Square AR: Using Augmented Reality for Urban Planning, »*Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2011 Third International Conference on* , vol., no., pp.128,131, 4-6 May 2011 doi:10.1109/VS-GAMES.2011.24

- [30] «ARToolKit». [En línea]. Disponible en: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>. [Accesado: 20-feb-2013].
- [31] «ARToolKit para Android». [En línea]. Disponible en: <https://www.artoolworks.com/products/mobile/artoolkit-for-android/>. [Accesado: 20-feb-2014].
- [32] «AndAR». [En línea]. Disponible en: <https://code.google.com/p/andar/>. [Accesado: 20-feb-2014].
- [33] «Wikitude». [En línea]. Disponible en: <http://www.wikitude.com/>. [Accesado: 20-feb-2014].
- [34] «Vuforia». [En línea]. Disponible en: <https://www.vuforia.com/>. [Accesado: 20-feb-2014].
- [35] «Roger, Pressman, *Ingeniería de software un enfoque práctico*, 2004.
- [36] «Ian Sommerville, *Ingeniería de software séptima edición*, 2005.
- [37] «Joseph, Schmuller, *Aprendiendo UML en 24 horas*, 2001.