

**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 5**



**Título: Sistemas de Realidad Aumentada  
con elementos de aplicaciones de  
Internet enriquecidas.**

**TRABAJO DE DIPLOMA PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN CIENCIAS INFORMÁTICAS**

**Autor:** Frank Emilio Hernández Duvernal.

**Tutor:** Ing. Ernesto de la Cruz.

**Cotutor:** Ing. Mileydi Moreno Mirabal.

---

**Ciudad de la Habana**

**2011**

## **Declaración de Autoría**

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

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

Frank Emilio Hernández Duvernal.

---

Ing Ernesto de la Cruz

Ing. Mileydi Moreno Mirabal

---

---

**Datos de contacto**

**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.

**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.

## **Dedicatoria**

A mi mamá, a mis hermanas y en general a toda mi familia

A mis sobrinos para que les sirva de ejemplo

A mi novia por todo su apoyo

“...Ningún hombre ha experimentado nunca tantas dificultades para expresarse, como el hombre agradecido...”. Jamás imaginé que fuera tan complicado agradecer, no por la simple acción (porque es algo que sale del corazón y da un inmenso placer hacerlo y uno mayor recibirlo), sino por el temor de que en mi calidad de ser humano, cometa el error de olvidar a alguna de las tantas personas que han tenido que ver con este logro.

Gracias infinitamente:

A mi mamá, por su amor, su confianza sin límites, por ser madre y padre al mismo tiempo e imponerse a las dificultades educándome y llevándome por el camino correcto. Te quiero mami.

A mis hermanas por ayudarme incondicionalmente olvidándose de sus propios problemas, por confiar en mi como lo hacen, por quererme tanto.

A toda mi familia, que siempre me ha ayudado y no menciono nombres porque son muchos y no merecen ser olvidados.

A mi novia por su infinito amor, por estar conmigo en las buenas y malas sin exigir nada a cambio, por aceptarme y quererme tal como soy sin reservas. Por apoyarme en todo momento, por ser mi sol. Te amo flaca.

A mis suegros por su cariño, por aceptarme en su familia incondicionalmente como un hijo más, por su ayuda en todo este tiempo.

A los buenos amigos por compartir alegrías y tragos amargos en estos 5 años, por ayudarme cuando lo necesité, a ellos que no necesitan nombres porque saben que siempre estarán en mi pensamiento.

A los amigos que ya no están en la universidad pero siguen en mi corazón, los de verdad.

A mis tutores por la ayuda prestada durante el desarrollo de este trabajo.

A todos, gracias.

## **Resumen**

La constante evolución de la informática trae consigo el surgimiento y desarrollo de nuevos campos que ayudan a aumentar los potenciales de esta ciencia, la Realidad Aumentada (RA) es un ejemplo fehaciente, la cual enriquece los entornos reales con elementos virtuales y en la actualidad ha alcanzado un auge que se incrementa cada día. Lo más significativo de esta tecnología es la gama de esferas donde podemos aplicarla, si con aplicaciones de escritorio obtuvo un elevado impacto en la sociedad es casi seguro que en la web no será la excepción. La Realidad Aumentada llegó a la web hace a penas 3 años y ya se observan varias empresas a nivel mundial que vienen sacándole partido.

El objetivo de este trabajo es realizar una investigación donde se describan las herramientas, frameworks y bibliotecas que sirven como base para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada en la web, proponiendo una solución para el problema de la investigación implementando un prototipo de Sistema de Realidad Aumentada basado en aplicaciones de internet enriquecidas (RIAs), con el fin de demostrar que con los recursos que tenemos en el país, específicamente en la Universidad de las Ciencias Informáticas, podemos realizar este tipo de aplicaciones, de las que con un buen desarrollo se pueden sacar provecho.

## **PALABRAS CLAVE**

Aplicaciones Web, Aplicaciones de Internet Enriquecidas, Realidad Aumentada.

## **Índice de contenido**

Declaración de Autoría.....	2
Datos de contacto .....	III
Dedicatoria.....	IV
Resumen.....	VI
<b>Introducción .....</b>	<b>7</b>
<b>Capítulo 1: Fundamentación Teórica .....</b>	<b>10</b>
Introducción.....	10
1.1 Conceptos de Realidad Aumentada .....	10
1.1.1 Reseña histórica.....	11
1.2 Aplicación de la Realidad Aumentada. ....	12
1.3 Tendencias y tecnologías actuales de desarrollo web. ....	16
1.3.1 Definición de aplicación web.....	16
1.3.2 Ventajas de las aplicaciones web. ....	16
1.3.3 Estándares de programación web .....	17
1.3.4 Servidores web.....	18
1.3.5 Web 2.0.....	19
1.3.6 Rich Internet Applications .....	21
1.4 Funcionamiento de la Realidad Aumentada en la web .....	23
1.5 Bibliotecas de Realidad Aumentada en la web. ....	25
1.5.1 Motores de render 3D para Flash. ....	26
1.6 Fundamentación de los lenguajes y herramientas utilizadas. ....	27
1.6.1 Hypertext Preprocessor (PHP).....	28

1.6.2 ActionScript .....	29
1.6.3 Lenguaje MXML .....	30
1.6.4 Flex y Flash Builder 4. ....	31
1.6.5 Amfphp .....	32
1.6.6 Joomla Sistema de gestión de contenidos (CMS).....	33
1.7 Metodología de desarrollo de software utilizada. ....	33
1.8 Conclusión parcial del capítulo .....	35
<b>Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta.....</b>	<b>36</b>
2.1 Introducción.....	36
2.2 Soluciones técnicas.....	36
2.3 Descripción del prototipo de Sistema de Realidad Aumentada.....	37
2.4 Modelo del dominio .....	40
2.4.1 Glosario de términos del dominio.....	41
2.5 Requisitos del sistema.....	42
2.5.1 Requisitos funcionales.....	42
2.5.2 Requisitos no funcionales.....	43
2.6 Definición de actores del sistema .....	43
2.7 Casos de uso del sistema.....	44
2.7.1 Descripción de casos de uso .....	45
2.8 Conclusiones parciales del capítulo.....	54
<b>Capítulo 3: Diseño e implementación. ....</b>	<b>55</b>
3.1 Introducción.....	55
3.2 Diagrama de clases del diseño.....	55
3.3 Descripción de las clases del diseño .....	56



3.4 Diagramas de secuencia .....	60
3.5 Diagrama de componentes.....	66
3.6 Diagrama de despliegue.....	68
3.7 Mapa de navegación .....	69
3.8 Discusión de los resultados .....	70
3.9 Conclusiones parciales del capítulo.....	72
<b>Conclusiones Generales.....</b>	<b>73</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>74</b>
<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>75</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>77</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>78</b>
<b>Glosario de Términos .....</b>	<b>79</b>

## **Índice de tablas**

Tabla 1: Descripción de actores. ....	44
Tabla 2: Caso de uso Autenticarse.....	47
Tabla 3: Caso de uso Registrarse .....	48
Tabla 4: Caso de uso Crear catálogo.....	50
Tabla 5: Caso de uso Mostrar visualización de catálogo .....	51
Tabla 6: Caso de uso Seleccionar Modelos 3D .....	52
Tabla 7: Caso de uso Interactuar con objetos virtuales.....	54
Tabla 8: Clase SistemaRA .....	58
Tabla 9: Clase Interfaz.....	60
Tabla 10: Rendimiento de los resultados en Window.....	71
Tabla 11: Rendimiento de los resultados en Linux. ....	71

## **Índice de figuras**

Figura 1: Realidad Aumentada en la medicina [Solutek Informática, 2009] .....	13
Figura 2: Realidad Aumentada en la educación [Colectivo de Autores, 2007].....	13
Figura 3: Probador de lentes virtual.....	15
Figura 4: Realidad Aumentada en la web [Zugara. Inc., 2011].....	15
Figura 5: Web 1.0 vs Web 2.0.....	20
Figura 6: Componentes de la Realidad Aumentada .....	24
Figura 7: Modelo del dominio .....	41
Figura 8: Relación entre los actores del sistema.....	44
Figura 9: Diagrama de casos de uso del sistema .....	45
Figura 10: Diagrama de clases del diseño.....	55
Figura 11: Diagrama de secuencia Autenticar usuario .....	61
Figura 12: Diagrama de secuencia Registrar usuario.....	62
Figura 13: Diagrama de secuencia Crear catálogo.....	63
Figura 14: Diagrama de secuencia Mostrar visualización de catálogo .....	64
Figura 15: Diagrama de secuencia Seleccionar Modelos 3D .....	65
Figura 16: Diagrama de secuencia Interactuar con objetos virtuales.....	66
Figura 17: Diagrama de paquetes .....	67
Figura 18: Modelo de despliegue.....	69
Figura 19: Mapa de navegación.....	70

### Introducción

La reducción del costo de realizar aplicaciones de Realidad Aumentada (RA) ha conducido a una explosión de aplicaciones que en su momento parecían ciencia ficción. La gama de este tipo de aplicaciones abarca áreas como la educación, la medicina, la industria del entretenimiento, la publicidad y marketing, por sólo poner ejemplos. En este momento existe una avalancha creciente de empresas que destinan cada vez más recursos al desarrollo de aplicaciones de RA que respalden sus productos y a su vez crecen los beneficios por concepto de exportación de productos y servicios. A esto se suma la llegada de la RA a la web junto a los estándares que definen la web 2.0, lo que constituye un escenario de desarrollo continuo donde estas tecnologías se complementan y se enriquecen entre sí.

La Universidad de Ciencias Informáticas (UCI), como centro docente productivo, cuya misión es producir software y servicios informáticos a favor de la informatización de la sociedad cubana, ha identificado la necesidad de impulsar el desarrollo de software de fabricación nacional para reducir las importaciones y propugnar la independencia tecnológica como elemento indispensable para el desarrollo económico y tecnológico de la sociedad.

En el Centro de Informática Industrial (CEDIN) se viene trabajando el tema de la RA desde hace dos años y ya se cuenta con alguna experiencia en ese sentido, desarrollando trabajos sobre este tema para engrosar el catálogo de productos del CEDIN.

En el ámbito de desarrollo de RA en la web se prevé un nicho<sup>1</sup> potencial de productos en los cuales se puede tomar ventajas para impulsar el desarrollo del centro. Es por eso que se ha iniciado esta investigación para estar en contacto con las tecnologías que sirven como base de productos de RA basados en la web.

---

<sup>1</sup> Término de mercadotecnia utilizado para referirse a una porción de un segmento de mercado.

Luego de un análisis de la situación actual, descrita anteriormente, se identificó el siguiente **Problema Científico**: ¿Cómo ofrecer contenidos de Realidad Aumentada a usuarios a través de Internet?

La solución a este problema está enmarcada en el **Objeto de Estudio**: Sistema de Realidad Aumentada, centrando su **Campo de Acción** en Sistemas de Realidad Aumentada para ofrecer contenidos virtuales a través de Internet.

El **Objetivo General** de este trabajo es: Elaborar un Sistema de Realidad Aumentada (SRA) mediante el cual se pueda ofrecer contenidos de Realidad Aumentada (RA) a usuarios, basado en Aplicaciones de Internet Enriquecidas.

Para dar respuesta a este objetivo, se establecieron las siguientes **Tareas de Investigación**:

- Estudiar la arquitectura y funcionalidades de los sistemas de Realidad Aumentada.
- Analizar la bibliografía existente sobre RA para conocer los trabajos relacionados, que se han desarrollado previamente, con publicación de contenidos de RA en línea.
- Analizar principales conceptos sobre RA y estándares web para elaborar una arquitectura base.
- Identificar bibliotecas, frameworks<sup>2</sup> y herramientas para la creación de aplicaciones ricas de Internet y RA bajo los estándares de la web 2.0.

Se emplean los siguientes **Métodos de Investigación Científica**:

### **Métodos Teóricos:**

- **Histórico-lógico**: Este método permitió realizar la primera parte de la investigación concerniente al análisis bibliográfico del tema, lo cual permitió

---

<sup>2</sup> Estructura de soporte definida en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado.

evaluar la bibliografía para determinar los conceptos necesarios de la temática y así obtener un conocimiento del estado actual en que se encuentra el fenómeno en cuestión.

- **Analítico-sintético:** Mediante este método se pudo analizar y estudiar el objeto de la investigación, determinado los componentes significativos que forman parte de él, permitiendo relacionar estos de manera tal que se pueda ver el funcionamiento del objeto de investigación como un todo al integrar sus partes.

### **Métodos Empíricos:**

- **Revisión de documentos:** Este método permitió determinar el estado del arte del objeto de investigación.

El Trabajo de Diploma estará estructurado en 3 capítulos donde se detalla el proceso investigativo realizado:

- **Capítulo 1:** Fundamentación teórica

Se hace un estudio de todas las tecnologías que pueden ser utilizadas para desarrollar una aplicación de Realidad Aumentada. Se analizan la metodología utilizada y los lenguajes de programación web.

- **Capítulo 2:** Descripción y análisis de la solución propuesta

En este capítulo se describen las funcionalidades del prototipo a desarrollar, se eligen las herramientas, bibliotecas y frameworks que se van a utilizar. Se elabora un diagrama del dominio con los principales conceptos relacionados con el prototipo del sistema a desarrollar, para lograr un mejor entendimiento de la solución propuesta. Además se elabora el diagrama de casos de usos describiendo cada uno posteriormente.

- **Capítulo 3:** Diseño e implementación

Muestra el diagrama de clases del diseño con la descripción de las principales clases, los diagramas de secuencia correspondiente al flujo de trabajo de cada caso de uso, el diagrama de componentes, el de despliegue, así como el mapa

de navegación del sitio y el rendimiento del mismo en cuanto a tiempo y consumo de memoria en diferentes navegadores.

## **Capítulo 1: Fundamentación Teórica**

### **Introducción**

En este capítulo se exponen algunos conceptos relacionados con lo que es Realidad Aumentada, cuáles son sus funcionalidades y sus objetivos. Además se destacan algunos ejemplos de las esferas en que puede ser aplicada, enfocándose principalmente al desarrollo de Aplicaciones de Internet Enriquecidas (RIAs por sus siglas en inglés) con dicha tecnología. Las aplicaciones web con Realidad Aumentada juegan un papel importante en la actualidad, porque es un nuevo medio, la integración de diferentes tecnologías y las posibilidades de interacción con los usuarios hacen que sean acogidas por muchas compañías y personas para dar a conocer sus productos y para entretener a grandes públicos.

### ***1.1 Conceptos de Realidad Aumentada***

Existen varias clasificaciones y definiciones formales acerca de la RA, después de un estudio de los conceptos dados por diferentes autores se ha escogido como más completo el siguiente.

La Realidad Aumentada es una variación de los Entornos Virtuales (EV), o Realidad Virtual (RV) como se conoce más comúnmente. La Realidad Virtual sumerge al usuario dentro de un ambiente sintético (generado por la computadora). Mientras está inmerso, el usuario no puede ver el mundo real alrededor de él. En contraste, la Realidad Aumentada le permite al usuario ver el mundo real, con objetos virtuales superpuestos sobre el mundo real, o compuestos con él. De ahí que la Realidad Aumentada actúe como complemento de la realidad, tanto mejor que la Realidad Virtual que reemplaza completamente la realidad" [Azuma, 1997].

Luego de analizar lo expuesto anteriormente podemos llegar a la conclusión de que la RA es el término que se usa para definir una visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real. Consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física existente.

### 1.1.1 Reseña histórica

Si se expande el concepto de realidad aumentada a los diferentes medios por los que los humanos percibimos el mundo, es decir, aumentar la realidad no sólo para la vista, sino también para el tacto, oído, olfato e incluso el gusto; se puede ver que el ser humano ha buscado “complementar” la realidad con ciertos elementos que le pueden ayudar, tanto a realizar sus tareas básicas como a explicarse lo que pasa a su alrededor. Tal podría ser el caso de los seres y personajes mitológicos de las culturas antiguas, que aunque no formaban parte del mundo en que las personas de la época vivían, si formaban parte de su realidad, algunos incluso eran objeto de culto y se les atribuía la posibilidad de afectar sucesos tan importantes como el cambio entre día y noche.

En un contexto más actual y enfocado en los desarrollos tecnológicos, podemos citar los siguientes hitos en el desarrollo de las técnicas de aumentado de la realidad. Según [Gutiérrez, 2009] los hitos que se recogen a continuación son los que más sobre salen en el transcurso de la evolución de la RA.

- El cineasta Morton Heilig (1962), crea un simulador de motocicleta (sensorama) con sonido, vibración, efectos visuales y olores.
- Ivan Sutherland (1966) inventa el Monitor Montado en la Cabeza (Head Mounted Display, HMD), con el cual podía visualizar objetos virtuales y el mundo real al mismo tiempo.
- En 1975 Myron Krueger presenta Videoplace, máquina que permitía por primera vez a los usuarios interactuar con objetos virtuales.
- El término Realidad Virtual nace en 1989, Jaron Lanier crea el primer negocio comercial de mundos virtuales.



- En 1990, mientras trabajaba para Boeing en un sistema que mostraba diagramas de cableado de un monitor montado en la cabeza (HMD), Tom Caudell crea el término Realidad Aumentada.
- A partir de mediados de los 90, debido a las nuevas capacidades tecnológicas y a la búsqueda de alternativas que faciliten y hagan más productiva la interacción entre personas y computadoras, la investigación y el desarrollo se ha incrementado enormemente.
- En noviembre de 1998 se realiza el primer Taller Internacional de Realidad Aumentada (IWAR, International Workshop on Augmented Reality), que en el año 2000 se convertiría en ISAR (International Symposium on Augmented Reality) y en 2002 en ISMAR (International Symposium on Mixed and Augmented Reality).

### 1.2 Aplicación de la Realidad Aumentada.

La RA tiene innumerables aplicaciones, algunas hasta hace poco sólo posibles en las películas de ciencia ficción, pero que ya son realidad. A continuación se enunciarán y se dará una breve introducción sobre algunos campos de aplicación que tiene esta técnica.

**Realidad Aumentada en la Medicina:** La aplicación de de la RA en la medicina consiste en superponer en tiempo real la reconstrucción 3D de las estructuras internas del paciente sobre la imagen del video mismo, logrando de esta manera una reducción significativa del costo. Por ejemplo, en operaciones de cirugías, la RA permite ver al cirujano mediante un monitor con la imagen obtenida de una cámara, datos visuales como delimitación de los bordes limpios de un tumor, etc. Además la RA puede ayudar a médicos principiantes como método de primer entrenamiento o simulación. (Figura 1)



**Figura 1:** Realidad Aumentada en la medicina [Solutek Informática, 2009]

**Realidad Aumentada en la Educación:** Actualmente, la mayoría de aplicaciones y programas de RA para proyectos educativos, se usa en museos, parques temáticos y exhibiciones. Estos lugares aprovechan las conexiones inalámbricas para mostrar información sobre objetos o lugares, así como imágenes virtuales superpuestas, ruinas o paisajes, con la intención de enseñar cómo eran esos elementos hace miles de años. Quizá una de las aplicaciones más conocidas de la Realidad Aumentada en la educación, sea el proyecto Magic Book del grupo activo HIT de Nueva Zelanda. El alumno lee un libro real a través de un visualizador de mano y ve sobre las páginas reales contenidos virtuales. De esta manera cuando el alumno ve una escena de Realidad Aumentada que le gusta puede introducirse dentro de la escena y experimentarla en un entorno virtual inmersivo. A continuación la figura 2 muestra una imagen de Magic Book.



**Figura 2:** Realidad Aumentada en la educación [Colectivo de Autores, 2007].

**Realidad Aumentada en la web:** Todos los expertos se ponen de acuerdo, y esto ya de por sí resulta tan difícil que cuando ocurre llama poderosamente la atención, en el hecho de la importancia real de la RA y su crecimiento en paralelo a los nuevos modelos de uso de Internet.

La RA muestra grandes posibilidades en el sector del marketing y la publicidad. Los caminos que parecen abrir en relación a las actividades comerciales tienen sin duda una importancia clave en diferentes aspectos. Si se tiene en cuenta solamente la parte comercial se puede observar que el valor de la comprobación del producto a adquirir en un entorno de RA rebaja de manera notable la barrera de la compra de lo no tangible y lo convierte en tangible de manera virtual, algo que a priori resulta interesante. Por otro lado, las utilidades publicitarias de la RA son más que evidentes desde el punto de vista de la atracción que puede generar bien manejada.

A continuación algunos ejemplos de sitios web que usan Realidad Aumentada (RA):

- Zopp: Es una agencia de publicidad que ha desarrollado un programa de RA para ofrecer este servicio a las empresas interesadas en el tema. Desarrolla aplicaciones y servicios interactivos para promocionar productos y servicios con un mayor impacto.
- Zoff: Una empresa japonesa que pone a disposición de su público una aplicación en su web para que los probables clientes puedan probarse lentes virtualmente. Primero el usuario deberá descargar e instalar el plugin para luego alinear la cabeza con el área de trazado del programa y listo, ya podrá probarse cualquier par de gafas usando su cámara web. Lo impresionante de esto no es solo que podrá probarse diferentes tipos y colores de lentes, sino que podrá girar y mover su cabeza a los lados, hacia arriba y hacia abajo para ver cómo le quedan las gafas desde cualquier ángulo.



**Figura 3:** Probador de lentes virtual.

- Zugará: Una agencia interactiva de marketing, que junto Webcam Social Shopper han construido un uso más práctico de la RA para atraer a un mayor número de clientes. La aplicación web te permite superponer una imagen estática de una prenda de vestir en la parte superior de tu cuerpo, simulando que la prenda elegida virtualmente, la llevas puesta. Sólo con una cámara para poder vernos en pantalla, alrededor de nuestra imagen dispondremos de las opciones que nos ofrece Zugará para poder cambiar colores a las prendas, tomar instantáneas, recorrer las distintas prendas, etc. (Figura 3)



**Figura 4:** Realidad Aumentada en la web [Zugará. Inc., 2011]

Todas estas aplicaciones tienen un elevado nivel de impacto en la vida social, ni siquiera tienes que saber de informática para utilizar la RA, donde personas sin conocimientos del tema ya están utilizando estas tecnologías con éxito.

### **1.3 Tendencias y tecnologías actuales de desarrollo web.**

#### **1.3.1 Definición de aplicación web.**

Una aplicación WEB no es un sistema en tiempo real, por lo cual el usuario es el encargado de realizar el almacenamiento de datos y la intervención del mismo es primordial para su actualización y perfecto funcionamiento. Es decir, es una aplicación de software que se codifica en un lenguaje soportado por los navegadores<sup>3</sup> WEB en la que se confía la ejecución al navegador que está diseñado para automatizar procesos cuyo resultado se entrega a través de Internet o una Intranet. Las aplicaciones WEB son populares debido a la facilidad para actualizar y mantenerlas sin tener que distribuir e instalar software a miles de usuarios.

En la actualidad y debido al auge de este tipo de aplicaciones, se reconocen diferentes categorías en dependencia del tipo de negocio que modelen. A continuación se listan algunas de las clasificaciones:

- **Informacionales:** periódicos, catálogos, manuales, libros electrónicos, etc.
- **Interactivas:** presentación de información personalizada, formularios de registros, etc.
- **Transaccionales:** tienda electrónica, bancos online, etc.
- **Workflow<sup>4</sup>:** planificación online, monitoreo, gerencia de inventario, etc.
- **Comunitarias:** chat, mercados, subastas online, etc.
- **Portales:** tiendas electrónicas, etc.

#### **1.3.2 Ventajas de las aplicaciones web.**

Los medios distribuidos han tenido un alto auge en los últimos años colocándose en primer lugar ante las pesadas aplicaciones de escritorio que requieren muchas veces de

---

<sup>3</sup> Programa que permite ver la información que contiene una página web.

<sup>4</sup> Flujo de trabajo.

instalaciones previas y dispositivos auxiliares para la perfecta visualización de la misma. Las páginas Web brindan la posibilidad del libre acceso de navegación y de interacción, sin tener que instalar ni copiar nada a tu máquina. [DB Net Solution, 2007]

### **Ventajas:**

- No necesita ninguna configuración especial o cambios necesarios en la computadora del usuario.
- Posee costos más bajos que cualquier aplicación de escritorio.
- Los datos se encuentran centralizados garantizando la integridad y la copia de seguridad.
- Las actualizaciones pueden hacerse de forma rápida y fácilmente.
- Permite que la información sea accesible a un amplio público desde cualquier lugar del mundo.
- Posee una disponibilidad permanente.

### **1.3.3 Estándares de programación web**

#### **HTML**

HTML es la sigla de HiperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto) es el conjunto de símbolos de marcado o códigos insertados en un archivo destinado a mostrar en una página del World Wide Web. Se utiliza comúnmente para establecer la estructura y contenido de un sitio web, tanto de texto, objetos e imágenes. Los archivos desarrollados en HTML usan la extensión .htm o .html. [Trubac, 2006]

El lenguaje HTML funciona por medio de “etiquetas” que describen la apariencia o función del texto enmarcado. Este lenguaje puede llegar a incluir un script<sup>5</sup> o código que tenga incidencia en el comportamiento del navegador web de elección. El HTML

---

<sup>5</sup> Archivo de órdenes o archivo de procesamiento por lotes

Dinámico o DHTML es el grupo de técnicas que permite construir sitios WEB interactivos combinando el HTML estático, JavaScript, CCS y DOM.

### **CSS**

CSS es la sigla de Cascading Style Sheets (Hojas de Estilo en Cascada), es la forma recomendada para controlar la capa de presentación de una aplicación a través de un documento web. La principal ventaja de CSS en HTML es que la presentación del marcado del estilo puede ser totalmente independiente del contenido. Mediante la separación de la capa de presentación, CSS permite que todos los estilos se mantengan en un número limitado de hojas de estilo permitiendo guardar el estilo de 10000 archivos HTML aproximadamente y de esta manera el ahorro global en el ancho de banda es medible. Con el uso del CSS se logra un control centralizado de la presentación de un sitio web completo, agilizando en el mismo la actualización de sus páginas. [Ortiz Fernández, 2009]

### **1.3.4 Servidores web**

Los servidores web son programas que envían contenidos tales como páginas web, hipertextos, formularios, imágenes y botones a través del protocolo HTTP. Estos manejan la entrega de los componentes de las páginas web como respuesta a peticiones de los navegadores de los clientes pues se ejecutan continuamente en un ordenador y están manteniéndose siempre a la espera de peticiones por parte de un cliente o navegador web.

#### **Servidor Apache**

Apache es el servidor web más completo de código libre siendo altamente configurable con un diseño modular. También es integrable con Perl, PHP y otros lenguajes de scripting. Su robustez lo ha colocado como el servidor más popular en Internet desde abril de 1996 y en una encuesta en noviembre del 2005 Netcraft encontró que más del 70% de los sitios web en Internet lo están utilizando. [Martin Maldonado, 2008]

Apache tiene la característica de ser multiplataforma, incluyendo módulos que se cargan de forma dinámica. Además tiene soporte para base de datos y para SSL<sup>6</sup>, logrando que las transacciones sean seguras y confiables.

### 1.3.5 Web 2.0

En el inicio de la web estábamos en presencia de una web estática donde los usuarios no interactuaban entre sí, solo accedían a la información del servidor, las páginas eran documentos que jamás se actualizaban, la tecnología que usaba era HTML, GIF<sup>7</sup> y el período de esta web duro de 1994 a 1997, luego de 1997 al 2003 fue el período de la web 1.5 ya no era una web estática sino dinámica construida a partir de una o varias bases de datos con tecnologías más modernas en ese entonces como DHTML, ASP y CSS.

A partir de ese año 2003 ocurrió el auge total de la web hacia el término usado como web 2.0, pasando de ser sólo dinámica a colaborativa, los usuarios se convierten en contribuidores, publican las informaciones y realizan cambios en los datos. La interacción se hace mayor logrando todo lo que conocemos hoy día, redes sociales, blog, espacios colaborativos etc. En la Figura 4 se puede apreciar una comparación entre la Web 1.0 y Web 2.0. [Van Der Henst S., 2005]

---

<sup>6</sup> Protocolo de capa de conexión segura (*Secure Sockets Layer*).

<sup>7</sup> Formato gráfico utilizado ampliamente en la World Wide Web.



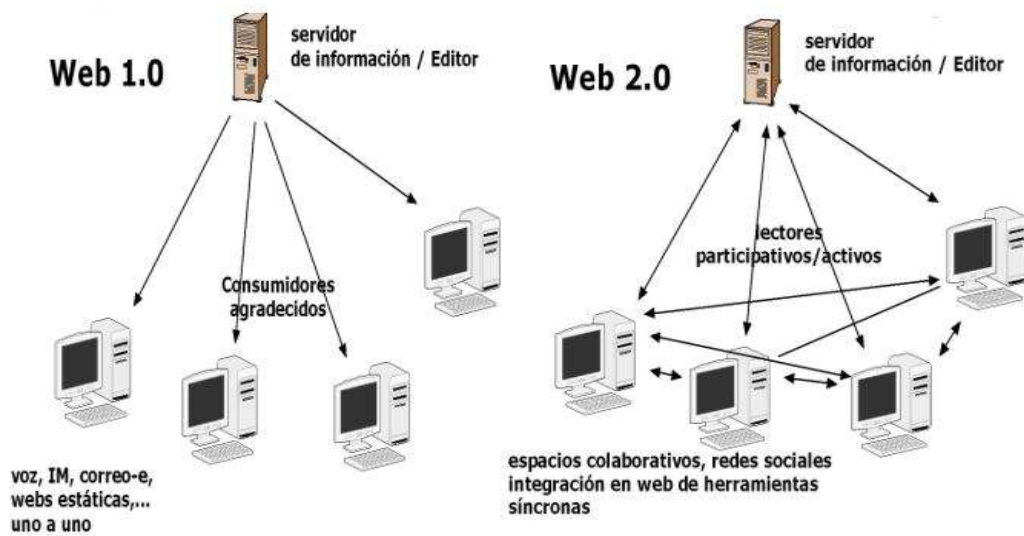


Figura 5: Web 1.0 vs Web 2.0

**Web 2.0:** No es más que la forma de entender Internet, que promueve que la organización y el flujo de información dependan del comportamiento de las personas que acceden a ella, permitiéndoles un acceso mucho más fácil y centralizado a los contenidos y su participación con herramientas fáciles de usar. Web 2.0 se refiere a la transición percibida en Internet desde las webs tradicionales a aplicaciones web destinadas a usuarios. Los propulsores de este pensamiento esperaban que los servicios de la Web 2.0 sustituyeran a las aplicaciones de escritorio en muchos usos, algo que es un hecho vigente.

A lo largo del tiempo, la tendencia a utilizar aplicaciones Web se ha ido incrementando de una manera sorprendente. A causa de los beneficios y la comodidad que éstas nos aportan, se opta cada vez más, por utilizar este tipo de aplicaciones en lugar de las tradicionales.

Las empresas que se dedican al desarrollo de software también se han adaptado a los nuevos tiempos, por eso cada vez más empresas orientan su negocio a vender sus aplicaciones para ser ejecutadas directamente desde Internet. A este tipo de empresas se las suele llamar ASP (Application Service Provider) y ofrecen un servicio determinado

a cambio de unas cuotas. Sin embargo hay que destacar que existen una gran multitud de aplicaciones web que son accesibles a todos los usuarios y gratuitas.

Se ha llegado a un punto en el que las aplicaciones web no sólo han de ofrecer multitud de funciones, sino que además han de ser lo más eficientes posible y sus interfaces gráficas han de ser mucho más impactantes y cómodas para los usuarios. [Van Der Henst S., 2005]

Para conseguir estos objetivos se han creado un nuevo tipo de aplicaciones llamadas Rich Internet Applications (RIA, por sus siglas en inglés) cuyo objetivo es el de optimizar las comunicaciones de datos entre cliente y servidor, y que además ofrecen unas interfaces mucho más atractivas para el usuario. Este nuevo tipo de aplicaciones pretenden solventar los problemas que tienen los actuales navegadores respecto a la presentación de páginas o aplicaciones web.

### 1.3.6 Rich Internet Applications

Una aplicación de internet enriquecida es un nuevo tipo de aplicación Web cuyo objetivo es el de incrementar y mejorar las opciones y capacidades de las aplicaciones web tradicionales. Este nuevo tipo de aplicaciones son desarrolladas, en la mayoría de los casos, utilizando lenguajes de marcado propios y son ejecutadas utilizando unos servidores de presentación también propios. Las limitaciones en la capa de presentación de los actuales navegadores web y del lenguaje HTML ha sido lo que ha impulsado a los desarrolladores a utilizar este nuevo tipo de aplicaciones, que permiten, entre otras cosas, mejorar la experiencia entre el usuario y la aplicación, la ejecución de contenido multimedia y la carga de aplicaciones online/offline, dependiendo de la tecnología RIA que se utilice. [Colectivo de Autores, 2008]

Las RIA cumplen, la mayoría, con una serie de características elementales:

- La aplicación es lanzada desde (o incluso contenida dentro de) una página Web.

## Capítulo 1: Fundamentación Teórica

---

- Los usuarios que interactúan con la aplicación obtienen una reacción inmediata de esta, ya que ahora no es necesario renderizar<sup>8</sup> páginas web enteras cuando se quiera cargar nuevos datos. Con este sistema se evita el tener que mostrar la pantalla en blanco del navegador hasta que se acaba de cargar la nueva página web.
- La aplicación utiliza unos controles de interfaz de usuario más modernos como menús de navegación en árbol, paneles tabulados, etc.
- La aplicación permite a los usuarios realizar operaciones comunes en clientes pesados como arrastrar y soltar, cambio de tamaño o animación de objetos.
- La complejidad de desarrollo de las aplicaciones no difieren mucho de las aplicaciones web existentes.
- La aplicación realiza todo lo anteriormente dicho sin la necesidad de grandes plataformas y es compatible con todos los navegadores.

En la actualidad, existen multitud de tecnologías que permiten la creación de RIAs. Todas ellas cumplen las características anteriores y además, su funcionamiento se basa en los mismos principios:

- Utilizan un modelo contenedor en el lado del cliente que almacena la parte gráfica (esquema) de la aplicación. Con esto se reduce considerablemente la comunicación con el servidor y evita tener que renderizar una nueva página web a cada clic del usuario.
- Permiten el desarrollo de las aplicaciones a través del navegador web.
- Utilizan un lenguaje de marcado basado en XML (eXtensible Markup Language, lenguaje de marcas extensible) para definir las interfaces de usuario.

Si las utilidades que podía hacer una aplicación web tradicional ya eran amplias, con las RIAs este abanico de posibilidades se ha engrandecido enormemente. Desde

---

<sup>8</sup> Acción de asignar y calcular todas las propiedades de un objeto antes de mostrarlo en pantalla.

Webmails<sup>9</sup>, foros, libros de visitas, agendas, hasta presentaciones, juegos, carritos de la compra, etc.

Existen muchas tecnologías RIA como OpenLazlo, Snapp MX, Microsoft Silverlight, Flex y muchas más, cada una de ellas ofrece una serie de funcionalidades propias diferentes a las demás, pero todas ellas comparten las mismas características y filosofía.

Una tecnología Flash RIA compila aplicaciones web en ficheros SWF (Small Web Format, Pequeño Formato Web) para ser ejecutadas por el plugin<sup>10</sup> Flash Player. Estas RIAs tienen como principal objetivo el de ofrecer una experiencia visual mucho más atractiva y dinámica que con las otras tecnologías RIA. Esto se consigue mediante el uso de componentes, objetos y funciones avanzadas que pueden ser utilizadas en cualquier aplicación web.

### 1.4 Funcionamiento de la Realidad Aumentada en la web

Existen diversas herramientas y framework que se utilizan para la realidad aumentada en general, pero centrándonos en la RA lograda sobre la web, podemos afirmar que esta no se puede ver como un todo, sino como un conjunto de tecnologías que la conforman.

Para el reconocimiento de marcadores se utiliza una biblioteca para facilitar que la cámara obtenga la posición y orientación de donde se va a pintar el objeto tridimensional en la escena, un motor de render 3D<sup>11</sup> para cargar y dibujar los modelos y una plataforma o framework donde se mezclan estas tecnologías para obtener la RA.

Una de las variantes para realizar una aplicación de RA en la web es Adobe Flash que no es sólo una herramienta para hacer páginas web con apariencias agradables e interactivas, sino también una plataforma que permite crear todo tipos de aplicaciones o

---

<sup>9</sup> Cliente de correo electrónico.

<sup>10</sup> Módulo de hardware o software que añade una característica o un servicio específico a un sistema más grande.

<sup>11</sup> Proceso de generar una imagen desde un modelo 3D.

juegos, compatibles con infinidad de dispositivos (basta con que dispongan del Flash Player).

Lo más destacable de Flash es la comunidad de desarrolladores que trabajan alrededor de la plataforma, que escriben bibliotecas en ActionScript 3.0 (AS3) como motores 3D, bibliotecas de partículas, motores de físicas y por supuesto bibliotecas para trabajar la RA, que permiten incorporarles capacidades innovadoras a los navegadores web.

Para lograr la RA debemos contar con los siguientes componentes:

- **Monitor del computador:** instrumento donde se verá reflejada la suma de lo real y lo virtual que conforman la realidad aumentada
- **Cámara:** dispositivo que toma la información del mundo real y la transmite al software de realidad aumentada.
- **Software:** programa que toma los datos reales y los transforma en realidad aumentada.
- **Marcadores:** básicamente son hojas de papel con símbolos que el software interpreta y de acuerdo a un marcador específico genera una respuesta (mostrar una imagen 3D, hacerle cambios de movimiento a un objeto 3D ya creado con un marcador).



**Figura 6:** Componentes de la Realidad Aumentada

### 1.5 Bibliotecas de Realidad Aumentada en la web.

Existen dos variantes a seguir para elaborar aplicaciones de RA, realizarlas totalmente partiendo del inicio mediante la implementación de cada una de las herramientas que se necesitan para desarrollar la aplicación, o utilizar herramientas existentes que agilicen el proceso de desarrollo. En esta investigación se asumió la segunda variante para obtener un resultado acorde con el objetivo.

A continuación se analizan algunas de las bibliotecas más importantes para el desarrollo de aplicaciones de RA, la mayoría son para trabajar con Flash o Flex.

#### **Bibliotecas para el reconocimiento de marcadores escritas en *ActionScript* (AS):**

- **FLARtoolkit:** Es una biblioteca realizada en mayo de 2008 por Tomohiko Koyama (Sagoosha) un desarrollador de Flash con 10 años de experiencia en el tema, es la primera biblioteca del mundo para Realidad Aumentada. FLARtoolkit no renderiza los objetos 3D, sólo calcula la orientación de los marcadores en la escena y utiliza un motor de render para los objetos. Es la versión de ARToolkit portada a AS3, el lenguaje utilizado por Flash de Adobe y otras aplicaciones para crear script para Flash Player y aplicaciones AIR. Está basada en una adaptación a java de ARToolkit; NyARToolkit (puede utilizarse con Processing). Utiliza clases que facilitan el uso de librerías 3D para ActionScript: PaperVision3D, Away 3D, Sandy. Se ha creado bajo una licencia GPL (libre para uso no comercial). Es decir que el código debe estar disponible para todo aquel que lo solicite. [Koyama, 2009]
- **FLARManager:** Es un framework que facilita la elaboración de aplicaciones de RA sobre Flash, proporciona un sistema sólido basado en eventos para la gestión de marcadores. Admite la detección y la gestión de varios marcadores. Algo muy interesante es que trae listas unas funciones para detectar cuando el marcador ha sido detectado, movido o removido, lo que nos permitiría hacer cosas muy bien logradas y visualmente llamativas. Está basado en FLARtoolkit y se utiliza para realizar grandes proyectos de RA.

- **Magic Flash:** El proyecto fue llevado a cabo en LabHuman, empresa vinculada al I3BH (Instituto Interuniversitario de Investigación en Bioingeniería y Tecnología Orientada al Ser Humano) en la Universidad Politécnica de Valencia. Consiste en una biblioteca de Realidad Aumentada programada en lenguaje AS 3.0, para poder utilizarla en la plataforma de Adobe Flash y crear aplicaciones para internet. Este proyecto es la segunda librería de RA para Flash que existe actualmente en el mundo (la primera es FLARToolkit) y permite cargar objetos 3D sobre marcas detectadas a través de algoritmos de reconocimiento de patrones e interpretación 2D-3D (todo ello en AS3).
- **Ostrich:** Biblioteca AS3 de código abierto para detección de movimiento.
- **Marilena:** Biblioteca AS3 para reconocimiento de rostros y detección de movimiento.

Otras de las bibliotecas que existen fuera del ámbito de Flash son las siguientes.

- **JSARtoolKit:** Biblioteca para JavaScript que se proyecta mediante un archivo Flash.
- **SlartoolKit:** Biblioteca en Visual C# para Microsoft Silverlight. Utiliza un modelo de licencia dual<sup>12</sup> y podría ser utilizado para aplicaciones de código abierto o cerrado, en determinadas condiciones

### 1.5.1 Motores de render 3D para Flash.

En términos de visualizaciones en ordenador, más específicamente en 3D, la renderización es un proceso de cálculo complejo desarrollado por un ordenador destinado a generar una imagen 2D a partir de una escena 3D. La técnica más utilizada hoy en día para la producción de gráficos 3D en tiempo real es la rasterización. La rasterización es básicamente un proceso de transformación de datos de vectores en un conjunto de píxeles (imágenes). Los motores de render 3D escritos en ActionScript utilizan esta técnica debido a que es la más rápida.

---

<sup>12</sup> Práctica de conceder dos o más licencias para un mismo producto.

A continuación se analizan algunos de los motores de render 3D más importantes:

- **Papervision3D:** Es un motor 3D de código abierto escrito en ActionScript, en su inicio tuvo grandes dificultades, pues la aceleración era realizada por software no por hardware. Pero con la llegada de la API del Flash Player 10, que incorpora la aceleración por hardware, aumentó la calidad de las páginas web tridimensionales de internet. Una de las limitaciones que posee Papervision3D hasta el momento es a la hora de importar los modelos 3D, deben estar en formato COLLADA<sup>13</sup> y los programas de modelado tienen que contar con el complemento de este formato. Hasta el momento no admite otro formato diferente.
- **Alternativa3D:** Es un motor de render, utilizado por el popular juego Tanki Online, desde hace algún tiempo gratis, de código cerrado y provisto como un archivo SWC.
- **Away3D:** Es uno de los motores 3D más populares en tiempo real para Flash. Permite crear varios entornos detallados y escenas animadas en 3D. Las posibilidades de utilizar este motor son infinitas además de las posibilidades que abre para la plataforma Flash. Con Away3D se pueden crear objetos básicos de 3D, visualización realista de personajes animados, construcción de complejas escenas, etc. Existen muchas características que están disponibles dentro de Away3D tales como iluminación, sombras, animación, texto en 3D, el modelo de carga y más. Permite importar modelos de diferentes formatos 3DS, COLLADA, OBJ etc. Es de código abierto y libre.

### 1.6 Fundamentación de los lenguajes y herramientas utilizadas.

Cuando se elabora un programa informático es necesario utilizar uno o varios lenguajes de programación y herramientas para lograr las funcionalidades deseadas a través de

---

<sup>13</sup> Formato basado en XML abierto para los modelos 3D.



ese programa. A continuación se tratan brevemente cada uno de estos lenguajes y herramientas necesarias para hacer una aplicación de Realidad Aumentada en la Web.

### 1.6.1 Hypertext Preprocessor (PHP)

PHP es la sigla de Hypertext Preprocessor (Procesador de Hipertextos) es generalmente muy usado por su flexibilidad. Es un lenguaje de código abierto de scripting (escritura) especialmente adecuado para el desarrollo web.

Es un lenguaje de script interpretado en el lado del servidor, utilizado para la generación de páginas web dinámicas, embebidas en páginas HTML y ejecutadas en el servidor. PHP no necesita ser compilado para ejecutarse. La mayor parte de su sintaxis ha sido tomada de C, Java y Perl con algunas características específicas. Además permite la conexión a diferentes tipos de servidores de base de datos tales como MySQL, PostgreSQL, Oracle, ODBC, DB2, Microsoft SQL Server, Firebird, SQLite logrando aplicaciones web robustas. [Soto, 2006]

#### **Ventajas:**

- Es identificado como un lenguaje muy rápido y manuable.
- Soporta de cierta forma la orientación a objeto. Clases y herencia.
- Es un lenguaje multiplataforma: Linux, Windows, entre otros.
- Capacidad de conexión con la mayoría de los manejadores de base de datos.
- Puede expandir su capacidad de potencial utilizando módulos.
- Es libre, por lo que se presenta como una alternativa de fácil acceso y su código está disponible bajo la licencia GPL.
- Posee una biblioteca nativa de funciones sumamente amplia e incluida.
- No requiere definición de tipos de variables ni manejo detallado del bajo nivel.

#### **Desventajas:**

- Se necesita instalar un servidor web para la ejecución del código.

- Todo el trabajo lo realiza el servidor y no delega al cliente. Por tanto, puede ser más ineficiente a medida que las solicitudes aumenten de número.
- La legibilidad del código puede verse afectada al mezclar sentencias HTML y PHP.

### 1.6.2 ActionScript

**ActionScript 3.0 (AS3):** Un paradigma común de la programación orientada a objetos, que se suele asociar con Java y C++. Utiliza las clases para definir tipos de objetos. Los lenguajes de programación que adoptan este paradigma también tienden a utilizar clases para crear instancias del tipo de datos definido por la clase. AS utiliza clases para ambos propósitos, pero sus raíces como lenguaje basado en prototipos le añaden una característica interesante. AS crea para cada definición de clase un objeto de clase especial que permite compartir el comportamiento y el estado. Sin embargo, para muchos programadores que utilizan AS, esta distinción puede no tener ninguna consecuencia práctica en la programación. AS3 se ha diseñado de forma que se puedan crear sofisticadas aplicaciones orientadas a objetos sin tener que utilizar, ni siquiera comprender, estos objetos de clase especiales.

#### Ventajas de ActionScript 3.0

- AS3 aumenta las posibilidades de creación de scripts de las versiones anteriores de AS. Se ha diseñado para facilitar la creación de aplicaciones muy complejas con conjuntos de datos voluminosos y bases de código reutilizables y orientadas a objetos. Aunque no se requiere para el contenido que se ejecuta en Adobe Flash Player 9 o superior, permite introducir unas mejoras de rendimiento que sólo están disponibles con AVM2, la nueva máquina virtual. El código AS 3.0 puede ejecutarse con una velocidad diez veces mayor que el código AS heredado.
- AS3 ofrece un modelo de programación robusto que resultará familiar a los desarrolladores con conocimientos básicos sobre programación orientada a objetos.

- Cuenta con una nueva máquina virtual AS, denominada AVM2, que utiliza un nuevo conjunto de instrucciones de código de bytes y proporciona importantes mejoras de rendimiento.
- Tiene una base de código de compilador más moderna, que se ajusta mejor al estándar *ECMAScript* (ECMA 262) y que realiza mejores optimizaciones que las versiones anteriores del compilador.
- Una interfaz de programación de aplicaciones (API) ampliada y mejorada, con un control de bajo nivel de los objetos y un auténtico modelo orientado a objetos.
- Un núcleo del lenguaje basado en el próximo borrador de especificación del lenguaje *ECMAScript* edición 4.
- Un modelo de eventos basado en la especificación de eventos DOM (modelo de objetos de documento) de nivel 3.[Ouyang, 2009]

### 1.6.3 Lenguaje MXML

MXML (Macromedia Extensible Markup Language) es una variación del XML (Extended Mark-up Language). Es un lenguaje descriptivo que permite entre otras cosas construir interfaces visuales de una forma muy intuitiva y ordenada, crear y extender componentes visuales e implementar interfaces de usuarios a través de anidamiento (nesting) de nodos. [Ouyang, 2009]

Este lenguaje es utilizado por Adobe Flex para el desarrollo de aplicaciones web interactivas o aplicaciones RIAs. MXML tiene una mayor estructura en base a etiquetas, similar a HTML, pero con sintaxis menos ambigua, proporciona una gran variedad y permite extender etiquetas y crear sus propios componentes.

Algunas de las principales características de MXML son:

- Cada nodo en MXML es una clase AS3 que nosotros instanciamos y a la cual le cambiamos propiedades. Dentro de un nodo MXML se pueden agregar más nodos, esto se llama anidamiento de nodos.
- Flex convierte el MXML en AS3 durante la compilación del proyecto, para ser luego ejecutado por la máquina virtual II de Flash Player.

- MXML se usa principalmente para la construcción de la interfaz de una aplicación Flex.
- Los nodos dentro de MXML, sintácticamente, se llaman etiquetas. Una etiqueta comienza con el símbolo "<" y finaliza con el signo ">".

### 1.6.4 Flex y Flash Builder 4

Flex comenzó siendo una iniciativa de Macromedia el año 2004, como una forma de llevar todo el potencial de la tecnología Flash al mundo de los negocios. Es un framework libre, de código abierto, para construir aplicaciones web altamente interactivas, cuya principal finalidad es que una aplicación se vea y funcione igual en todos los ambientes de trabajo. El framework de trabajo Flex proporciona el lenguaje declarativo, servicios de aplicaciones, componentes de conectividad de datos para los desarrolladores que necesiten crear rápidamente aplicaciones de Internet sofisticadas (RIA) para el explorador o escritorio.

A principios del 2010 Adobe publica Flex 4 y el IDE Flash Builder 4. La nueva generación de sus exitosas herramientas para desarrollar RIA usando la plataforma Flash. El framework Flex es el lenguaje y Flash Builder 4 es el editor de Flex.

Flex 4 es un framework basado en XML y ActionScript para desarrollar aplicaciones de internet enriquecidas. El compilador, hecho en Java, genera binarios flash que pueden ser distribuidos. Entre las novedades de esta versión destaca Spark, un conjunto de componentes hechos desde cero que promueven una separación mayor entre la lógica y la vista.

Por su parte, Flash Builder (antes llamado Flex Builder) es un conjunto de plugins para Eclipse que sirven de editor de Actionscript y Flex. Entre las principales novedades está, que han mejorado el soporte para Data Services, los servicios a través de los cuales

Flex se comunica con el servidor. Estos pueden ser desde simples peticiones HTTP, servicios web SOAP<sup>14</sup> hasta servicios Flash llamados AMF. [Adobe, 2010]

### 1.6.5 Amfphp

Amfphp es una puerta de enlace que nos permite comunicar datos entre el cliente (Flash, Flex) y el servidor (PHP). Fue la primera puerta de enlace de este tipo de código abierto y sigue siendo desarrollada. Consiste en una llamada a un método de un objeto local con varios parámetros y una función de vuelta para recibir los resultados. No hay que preocuparse de cómo se envían o reciben los datos, el cliente y el servidor (Flash y PHP) están sincronizados para ello. Ofrece un navegador que permite realizar los servicios y probarlos antes de que se empiece a desarrollar el cliente. Permite conectar PHP con Flash y Flex con Remoting, JavaScript y Ajax con JSON y clientes XML con XML-RPC.

Entre las características que nos ofrece podemos encontrar las siguientes.

- Es compatible con PHP4 y PHP5, sin necesidad de extensiones.
- Es rápido y ligero.
- Ofrece herramientas para ayudarnos en el desarrollo.
- Posee un navegador integrado de servicios, con la generación de código y pruebas en línea.
- Tiene soporte para varios tipos de base de datos Postgres, Mysql, Mssql, Oracle, Pear, etc.
- Es activa de la comunidad de desarrolladores con miles de usuarios trabajando en su mejoramiento.

---

<sup>14</sup> Simple Object Access Protocol, protocolo estándar de comunicación para servicios web.

### 1.6.6 Joomla Sistema de gestión de contenidos (CMS)

Un sistema de gestión de contenidos (Content Management System, abreviado CMS) es un programa que permite crear una estructura de soporte para la creación y administración de contenidos, principalmente en páginas web, por parte de los participantes. Consiste en una interfaz que controla una o varias bases de datos donde se aloja el contenido del sitio permitiendo manejarlo de manera independiente al diseño. Esto permite darle, en cualquier momento, un diseño distinto al sitio sin tener que cambiar el formato, además de permitir la fácil y controlada publicación en el sitio a varios editores.

Un ejemplo clásico es el de editores que cargan el contenido al sistema y otro de nivel superior (directorio) que permite que estos contenidos sean visibles a todo el público. El gestor de contenidos genera páginas dinámicas interactuando con el servidor para generar la página web bajo petición del usuario, con el formato predefinido y el contenido extraído de la base de datos del servidor.

Joomla es un CMS que permite crear sitios web de alta interactividad, profesionalidad y eficiencia. La administración de Joomla está enteramente basada en la gestión online de contenidos. Decimos "gestión online" porque todas las acciones que realizan los administradores de sitios Joomla, ya sea para modificar, agregar, o eliminar contenidos se realiza exclusivamente mediante un navegador web conectado a Internet, a través del protocolo HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto). Nada más que esto es necesario para que el usuario de Joomla pueda publicar información en la Red Global y mantenerla siempre actualizada y fresca [Ulises, 2011].

### 1.7 Metodología de desarrollo de software utilizada.

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. Para esto es necesario proveer un enfoque disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro del desarrollo del sistema, determinar un camino metódico y

sistemático para desarrollar, diseñar y validar una arquitectura y reducir en gran medida los riesgos que representa la construcción de sistemas de software.

Para el desarrollo del prototipo funcional se usó la metodología del Proceso Unificado de Rational (RUP, por sus siglas en inglés). Este proceso de ingeniería de software 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.
- Usa arquitecturas basadas en componentes.
- Verifica continuamente la calidad del producto.
- Propone la creación de artefactos como herramientas visuales con el uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

UML es un lenguaje gráfico para especificar, construir y documentar los artefactos de un sistema con gran cantidad de software. UML proporciona una forma estándar de escribir los planos de un sistema, cubriendo tanto las cosas conceptuales tales como procesos del negocio y funciones del sistema; como las cosas concretas tales como las clases escritas en un lenguaje de programación específico, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizable” [Booch, 1998].

### **Visual Paradigm.**

Esta es una de las herramientas de modelado líderes en el mundo de la modelación visual. 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. El software de modelado UML ayuda a una más rápida construcción de aplicaciones de calidad, mejores y a un menor coste. Permite dibujar todos los tipos de

diagramas de clases, código inverso, generar código desde diagramas y generar documentación.

La herramienta UML CASE también proporciona abundantes tutoriales, demostraciones interactivas y proyectos de UML. Presenta un entorno todo-en-uno para la especificación de los detalles de los casos de uso, incluyendo la especificación del modelo general y de las descripciones de los casos de casos de uso.

### **1.8 Conclusión parcial del capítulo**

En este capítulo se ha realizado un estudio bibliográfico para estar en contacto con las tecnologías que sirven como base para el desarrollo del prototipo de sistema de realidad aumentada. Resaltando las principales características y ventajas de todos los lenguajes, metodologías y herramientas que nos servirán para dar solución al problema propuesto.



## **Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta.**

### **2.1 Introducción**

La Realidad Aumentada es un área de investigación eminentemente multidisciplinaria, implica la resolución de una multitud de problemas relacionados con el procesamiento de imágenes, visión por computadora, aprendizaje de máquina, gráficos por computadora, entre otros; además de aquellos específicos del área en que se enfoque cada aplicación en particular.

En este capítulo se propone una solución al problema de la investigación. Además se documentan las principales funcionalidades que brinda el prototipo de sistema a elaborar, pretendiendo mostrar las posibilidades que brindan los frameworks y las bibliotecas utilizadas en la programación de aplicaciones web, con el objetivo de facilitar la comprensión del funcionamiento del sistema de Realidad Aumentada en general.

### **2.2 Soluciones técnicas**

La fundamentación teórica planteada en el capítulo 1 sirvió de sustento para seleccionar las soluciones técnicas. El prototipo de Sistema de Realidad Aumentada (SRA) sobre la web cuenta de dos partes, la primera es el sitio web con sus funcionalidades y una base de datos implícita y la segunda es una aplicación de Flex, un visor de RA (Aplicación Flex que muestra la filmación de la cámara conectada, con varios componentes visuales para escoger los modelos 3D e interactuar con ellos) que luego de implementado se embeberá en el sitio, donde se muestra la imagen aumentada.

Se optó por el CMS Joomla para la gestión de usuarios y la gestión del sitio en general, debido a que es robusto, personalizable, escalable, software libre, abierto y está disponible para cualquier usuario bajo licencia GPL. Permite realizar la administración y dar los permisos que se necesitan para el prototipo de Sistema de Realidad Aumentada propuesto.

Como servidor web se escogió el Apache por ser el más completo, de código libre y altamente configurable con un diseño modular. Se eligió el framework Flex 4 pues,

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

como se explica anteriormente en el epígrafe 1.7.3, es el adecuado para desarrollar este tipo de aplicación RIA, ya que Flex utiliza el lenguaje MXML para la interfaz de usuario, contando con una excelente gama de componentes, con los cuales se cumple el objetivo de esta aplicación.

Además de MXML, Flex utiliza ActionScript 3.0 como lenguaje del lado del cliente totalmente orientado a objeto, compilando los dos lenguajes en un único SWF o simplemente en una página HTML que se puede introducir dentro del sitio web final. Para conectarnos a la base de datos Mysql del servidor desde Flex, se optó por utilizar Amfphp por las características descritas en el epígrafe 1.7.3.

Se seleccionó FLARtoolkit como biblioteca para reconocimiento de marcadores por las características tratadas en el capítulo 1 y además por ser la biblioteca basada en visión por computador más conocida y con más información dentro del ámbito de aplicaciones web.

Para cargar y dibujar los modelos 3D se escogió Away3D por su capacidad de cargar modelos complejos, además de lo fácil que resulta el trabajo con dicha biblioteca. Como formato de los ficheros 3D a visualizar en la escena de Realidad Aumentada se eligió 3ds por ser común para todos los programas de Creación de Contenido Digital (DCC por sus siglas en inglés) como 3D Max, Maya y Blender.

Para el proceso de desarrollo del prototipo de aplicación se seleccionó la metodología de desarrollo de software RUP, el lenguaje de modelado UML y la herramienta Visual Paradigm.

Todo lo planteado posibilitó contar con las herramientas necesarias para comenzar a desarrollar el prototipo de SRA en la web.

### **2.3 Descripción del prototipo de Sistema de Realidad Aumentada.**

Para dar respuesta al problema de la investigación se implemento un componente SWF con las herramientas descritas anteriormente. El componente se denominó visor de Realidad Aumentada (RA) el cual puede ser embebido en cualquier sitio web, es el

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

encargado de mostrar los contenidos virtuales a los usuarios a través de Internet rigiéndose por los principios de FLARtoolkit.

A continuación los pasos que sigue el FLARtoolkit para crear la imagen aumentada. [Koyama, 2009]

1. Captura de imagen desde la webcam.
2. Binarización de la imagen: Consiste en poner la imagen en blanco y negro dando valor 0 a los pixeles por debajo de un valor umbral predeterminado y 1 a los pixeles que exceden dicho valor.
3. Labeling: Etiqueta todas las áreas que estén en color blanco para luego obtener la información que contenga.
4. Busca los cuadrados: De todas las áreas que están etiquetadas obtiene la información solamente de los que tengan forma cuadrada o rectangular.
5. Comparación con el patrón o marcador: Cada imagen extraída anteriormente es comparada con un marcador registrado. Para ser comparada necesita ser un cuadrado, solo el 50% del centro se usa para el proceso de comparación.
6. Cálculo de la matriz de transformación: Es calculada por los vértices del cuadrado que se detectó con más por ciento de coincidencia en el paso anterior mediante un algoritmo que tiene la biblioteca internamente.
7. Render del objeto 3D: Usa la matriz de transformación calculada en el paso anterior, con motor de render Away3D carga el modelo en el lugar exacto donde se encuentra el marcador.
8. Muestra imagen Aumentada.

La interfaz de este visor se desarrolló con el objetivo de ser amigable y sencilla para los usuarios. Permite escalar los modelos 3D al tamaño deseado mediante un componente llamado Slider, el usuario solo tiene que deslizar el mismo como si fuera una barra espaciadora. Brinda la posibilidad de rotar los modelos en los distintos ejes x, y, z mediante tres componentes de selección, además de un botón para poner el modelo por defecto.

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

Para probar el funcionamiento del componente de RA se vinculó con el CMS Joomla dando lugar a un prototipo de sistema de RA que permitirá la autenticación de los usuarios, mediante la introducción de datos personales, tales como, nombre, nombre de usuario, correo electrónico y una contraseña para acceder al sitio. Todos estos datos se guardan automáticamente en una base de datos en la tabla de usuarios, generando un id para cada uno en particular. El sitio tendrá un menú principal el cual estará compuesto con los siguientes botones:

- **Inicio:** Muestra una pequeña explicación sobre la Realidad Aumentada (RA), disponible para todos los que accedan al sitio, aunque no estén registrados.
- **Galería:** Esta opción constituye una pequeña galería con el fin de mostrar a los usuarios, que aún no están registrados, una serie de catálogos de diferentes áreas de interés, donde los mismos podrán observar mediante RA objetos virtuales. Como ejemplo se crearon dos imágenes que serían dos opciones diferentes para observar la RA, la primera opción permitirá escoger entre varios autos deportivos listados en un menú de selección. Una vez elegido el modelo, se le muestra el marcador a la cámara y se observa la imagen aumentada.

En la segunda opción de la galería, los usuarios podrán probarse algunos relojes, en este caso el marcador estará sobre una cinta en forma de manilla para simular el reloj, se escoge entre los modelos disponibles y se acerca la mano a la cámara, observando así la imagen del modelo 3D del reloj superpuesta en la imagen real de la mano del usuario. Este botón estará disponible como el anterior para todos los usuarios sin necesidad de registrarse.

- **Subir modelos:** Disponible sólo para usuarios registrados. Mostrará un formulario para realizar la subida de los modelos 3D al servidor web. Es un componente creado en el CMS Joomla, programado en php, para que realice las funciones necesarias. Este formulario está compuesto por una guía de usuario donde se explica el formato permitido y la estructura del mismo. Como se describe en el apartado 2.1, los modelos tendrán la extensión .3DS y una textura

que en este caso deben ser una o varias imágenes .JPG, cada modelo tiene que estar compactado a .ZIP donde el nombre del modelo será el mismo de la carpeta compactada.

En el botón examinar aparecerá la ventana donde el usuario puede explorar su ordenador para seleccionar los modelos que tengan la estructura anterior. Luego en el botón subir se completará el envío al servidor. El usuario podrá subir al servidor todos los modelos que desee, los datos de dichos modelos como el nombre, la dirección y el id del usuario que lo subió, se guardarán en la Base de Datos en una tabla GestionarModelos. El sistema creará automáticamente una carpeta en el servidor para cada usuario con sus modelos correspondientes.

- **Visualizar:** Esta opción del menú principal estará visible solo para los usuarios registrados. Accede al visor de RA pero con algunos cambios en la interfaz del mismo. En este caso el visor muestra la lista de los usuarios registrados en el sistema, esto se logra mediante una conexión desde Flex a PHP (AMFphp) donde se hace una consulta para listar todos los usuarios, cuando el usuario escoge su nombre en el menú de selección "Usuarios", se muestra la lista de los modelos que el mismo previamente subió al servidor, los cuales podrán ser observados en RA.

### **2.4 Modelo del dominio**

Un modelo del dominio es una representación de las clases conceptuales del mundo real, no de componentes de software. Este tipo de modelo tiene como objetivo principal ayudar a comprender los conceptos que utilizan los usuarios, los conceptos con los que trabajan y con los que deberá trabajar nuestra aplicación. Estos conceptos se representan en el siguiente diagrama (Figura 6):

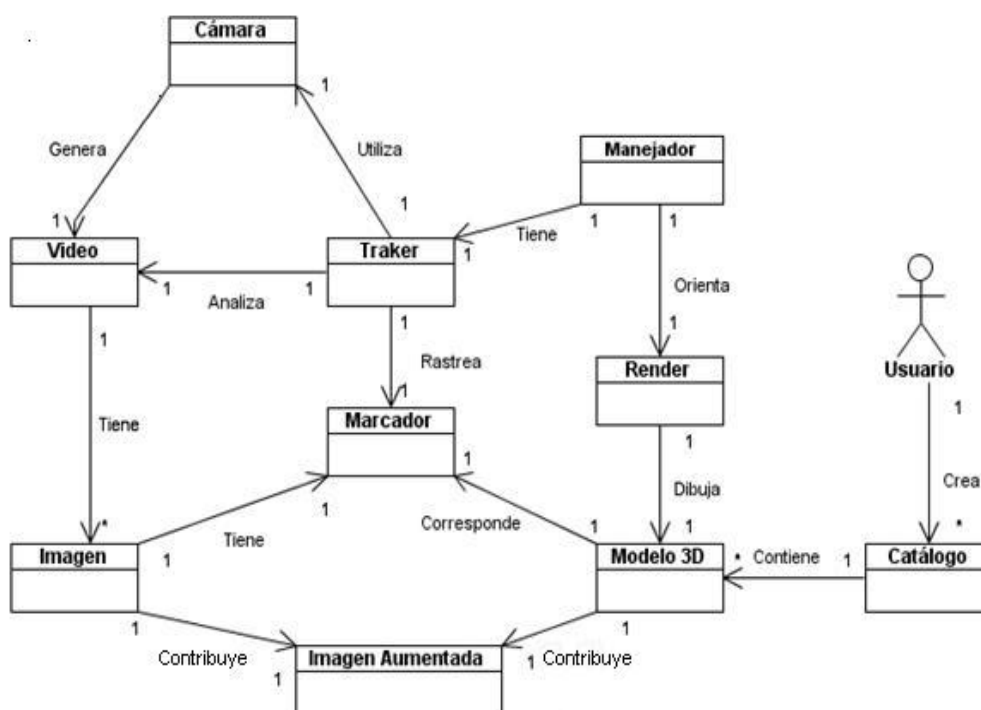


Figura 7: Modelo del dominio

### 2.4.1 Glosario de términos del dominio

Para un mayor entendimiento del modelo de dominio, a continuación se enuncian los conceptos identificados en este:

**Usuario:** Persona que utiliza el sistema y luego de autenticarse puede crear catálogos de Modelos 3D.

**Manejador:** Concepto abstracto encargado de manipular otros conceptos. Contiene un Tracker y orienta al Render dibujar los Modelos 3D.

**Tracker:** Es un rastreador que busca el marcador en la escena.

**Render:** Motor encargado de dibujar los Modelos 3D en la escena.

**Catálogo:** Relación ordenada de elementos pertenecientes al mismo conjunto, en este caso Modelos 3D.

**Modelo 3D:** Representación de un elemento real a través de materiales y herramientas. En este caso los modelos son virtuales, creados utilizando 3D Studio Max u otra herramienta de diseño para la modelación de objetos virtuales.

**Cámara:** Dispositivo de captura de video, genera un video con la escena capturada.

**Video:** Elemento generado por la cámara compuesto por una serie de imágenes sucesivas de la escena.

**Imagen:** Cada fotograma contenido en el video.

**Marcador:** Figura impresa en un papel. Consiste en un cuadrado negro externo con uno en blanco interno y dentro del cuadrado blanco una figura con la que se identifica el marcador.

**Imagen Aumentada:** Elemento obtenido de mezcla formada por la imagen captada por la cámara y el Modelo 3D.

### **2.5 Requisitos del sistema**

La captura de requisitos es una de las actividades del proceso de desarrollo de software. Los requisitos o requerimientos que debe cumplir un sistema se clasifican en funcionales y no funcionales. Los funcionales son capacidades o condiciones que el sistema debe cumplir, mientras que los no funcionales son propiedades o cualidades que hacen al producto atractivo, usable, rápido y confiable.

#### **2.5.1 Requisitos funcionales**

**RF1.** Autenticar usuario.

**RF2.** Registrar usuario.

**RF3.** Crear catálogo.

**RF3.1** Subir modelos al servir.

**RF4.** Mostrar visualización de catálogo.

**RF4.1** Permitir acceso a la cámara.

**RF5.** Detectar marcador en la escena filmada.

**RF5.1** Detectar marcador cuadrado.

**RF5.2** Detectar marcador en blanco y negro.

**RF5.3** Calcular transformaciones del marcador.

**RF6.** Seleccionar Modelos 3D.

**RF7.** Interactuar con objetos virtuales.

**RF7.1** Rotar modelos 3D.

**RF7.2** Escalar modelos 3D.

### ***2.5.2 Requisitos no funcionales***

**Usabilidad:** La aplicación elaborada podrá ser utilizada por cualquier usuario que esté en capacidad de asociar los modelos virtuales, que desea se encuentren en la escena real, con el marcador.

**Rendimiento:** La aplicación debe ejecutarse y mostrar los elementos virtuales en tiempo real, debe tener alta velocidad de procesamiento o cálculo.

**Soporte:** El sistema debe ser multiplataforma.

**Hardware:** Debe funcionar sobre microprocesador Intel Pentium (4) 2.8 GHz o superior, 256 MB RAM. Tarjeta de video onboard (recomendada tarjeta de video para juegos NVidia o ATI).

**Software:** Para el uso de la aplicación se debe tener instalado el Flash Player 9 o una versión superior.

### **2.6 Definición de actores del sistema**

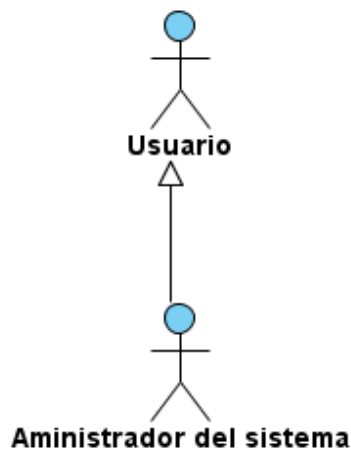
La aplicación elaborada puede ser utilizada por personas pertenecientes a diferentes áreas de trabajo, debido a esto se decidió nombrar "Usuario" al actor que lleva a cabo la ejecución del sistema. Además la aplicación cuenta con un actor "Administrador del



Sistema” encargado de llevar a cabo la gestión de los usuarios, quien a su vez también constituye un “Usuario”.

Actor	Descripción
Administrador	Persona que tiene permisos y privilegios de edición o modificación de los usuarios con que cuenta el sistema.
Usuario	Persona que accede al sistema mediante el proceso de autenticación.

**Tabla 1:** Descripción de actores.



**Figura 8:** Relación entre los actores del sistema

## **2.7 Casos de uso del sistema**

En este epígrafe se muestra el diagrama de casos de uso, en la figura 8, elaborado a partir de las funcionalidades que debe tener el prototipo de aplicación a desarrollar.

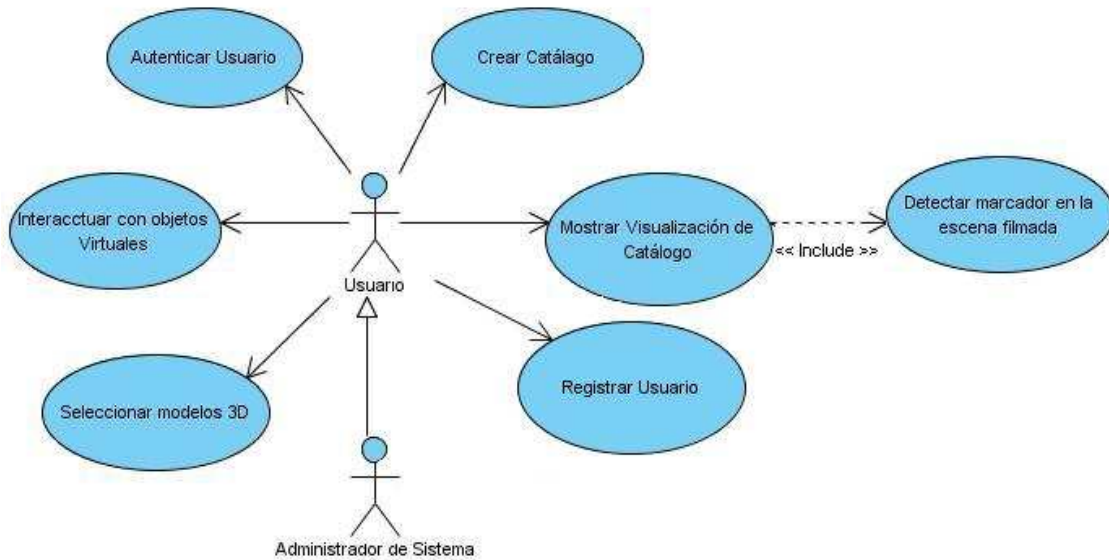


Figura 9: Diagrama de casos de uso del sistema

### 2.7.1 Descripción de casos de uso

Con la descripción de los casos de usos del sistema se brinda u mayor información y entendimiento de la aplicación a implementar. También se reflejan las acciones de los actores y las respuestas del sistema.

Caso de Uso:	Autenticarse
Actores:	Usuario
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario intenta acceder a la aplicación y en dependencia del rol que este posea se le dará el acceso a determinadas funcionalidades y secciones del sistema. El caso de uso finaliza cuando el usuario accede al sistema.
Precondiciones:	El sistema debe estar funcionando y activo de forma tal que ofrezca la interfaz para la autenticación, además de estar instalado correctamente para poder realizar la verificación y validación

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

	necesaria.
Referencias	RF1
Prioridad	Crítico
<b>Flujo Normal de Eventos</b>	
<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
1- Accede a la aplicación.	2. Muestra la página inicial con la opción para autenticarse en el sistema.
3- Introduce los datos solicitados: Usuario, Contraseña.	4. Verifica la existencia del usuario.
	5. Verifica que la contraseña introducida coincida con la almacenada en la base de datos.
	6. Carga el sistema con los menús, las opciones y funcionalidades a las que el usuario tiene acceso y permisos.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
<b>Flujos Alternos</b>	
<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	4.1 No encuentra al usuario e informa de que el usuario introducido es incorrecto.
	5.1 No encuentra igualdad en las contraseñas y muestra un mensaje

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

	donde le dice que la misma es incorrecta.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
Poscondiciones	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se le permite el acceso al usuario.</li> <li>2. Quedan habilitadas las opciones a las que el usuario tiene acceso.</li> </ol>

**Tabla 2:** Caso de uso Autenticarse

<b>Caso de Uso:</b>	<b>Registrarse</b>	
Actores:	Usuario	
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario accede por primera vez a la aplicación, el sistema le muestra la opción de registrarse como usuario de la aplicación, el sistema le muestra los campos requeridos. El caso de uso termina cuando se le muestra un mensaje de registro satisfactorio.	
Precondiciones:	El usuario accede por primera vez a la aplicación, por lo que no se encuentra registrado como usuario de la misma.	
Referencias	RF2	
Prioridad	Crítico.	
<b>Flujo Normal de Eventos</b>		
	<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1- Accede a la aplicación.	2- Muestra la página inicial con la opción para registrarse en el sistema.

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

3- Selecciona la opción de registrarse.	4- Muestra una interfaz con los campos necesarios para registrarse como usuario de la aplicación.
5- Introduce los datos requeridos. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Nombre</li> <li>✓ Nombre de usuario</li> <li>✓ Contraseña</li> <li>✓ Correo electrónico</li> </ul>	6- Verifica la existencia del usuario
	7- Muestra un mensaje haciéndole saber al usuario que se ha registrado correctamente.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
<b>Flujos Alternos</b>	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
	6.1 Encuentra que el usuario ya está en el sistema e informa su existencia.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
Poscondiciones	1- Se le muestra al usuario un mensaje informándole de que el registro ha sido satisfactorio.

**Tabla 3:** Caso de uso Registrarse

Caso de Uso:	<b>Crear catálogo</b>
Actores:	Usuario

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

Resumen:	El caso de uso se inicia, cuando el usuario comienza a subir los modelos 3D al servidor. El sistema muestra un formulario donde explica como cargar los modelos. El caso de uso finaliza cuando el usuario presiona el botón “subir” mostrando un mensaje informándole que el modelo se subió al servidor correctamente.	
Precondiciones:	El usuario tiene que estar autenticado.	
Referencias	RF3	
Prioridad	Crítico.	
<b>Flujo Normal de Eventos</b>		
Acción del Actor	Respuesta del Sistema	
1- Accede a la opción del menú “Subir Modelos”.	2- Muestra el formulario con la descripción de la estructura que deben tener los modelos, el archivo a enviar al servidor debe tener la extensión .ZIP.	
3- Selecciona la opción de examinar.	4- Muestra una ventana para explorar y buscar los modelos en el ordenador.	
5- Selecciona el modelo a subir y presiona aceptar.	6- Muestra en un campo de texto la dirección URL del modelo seleccionado.	
7- Presiona el botón “Subir”.	8- Muestra un mensaje haciéndole saber al usuario que su modelo fue enviado al servidor correctamente.	
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>		
<b>Flujos Alternos</b>		

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

Acción del Actor	Respuesta del Sistema
9- El archivo seleccionado no cumple con la extensión.	10 – Muestra un mensaje informándole al usuario que el archivo no cumple con las características propuestas.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
Poscondiciones	1- Se le muestra al usuario un mensaje informándole de que el modelo fue enviado satisfactoriamente.

**Tabla 4:** Caso de uso Crear catálogo

<b>Caso de Uso:</b>	<b>Mostrar visualización de catálogo.</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario coloca en el área de captura de la cámara un marcador, si este es reconocido entonces se inserta el modelo virtual con sus transformaciones. El caso de uso finaliza cuando el usuario retira el marcador del área de captura de la cámara.
Precondiciones:	Se conoce el marcador detectado en la escena.
Referencias	RF4, RF5, RF5.1, RF5.2, RF5.3.
Prioridad	Crítico.
<b>Flujo Normal de Eventos</b>	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
1- Accede a la opción del menú “Visualizar”.	2- Muestra el visor de Realidad

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

	Aumentada, con la interfaz de usuario para visualizar los objetos virtuales.
3- El usuario coloca un marcador en el área de captura de la cámara.	4 - Muestra el video capturado por la cámara, detecta el marcador en el área de filmación, calcula las transformaciones del marcador y muestra el objeto virtual en la escena.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
<b>Flujos Alternos</b>	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
5- No coloca ningún marcador en el área de filmación de la cámara.	10 - Sigue filmando la cámara sin calcular la transformación del marcador y solo muestra la escena real.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
Poscondiciones	1- Se muestra el objeto virtual correspondiente al marcador reconocido.

**Tabla 5:** Caso de uso Mostrar visualización de catálogo

Caso de Uso:	Seleccionar Modelos 3D.
Actores:	Usuario
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario selecciona de la lista de usuarios su nombre o el de otro usuario previamente registrado, luego automáticamente se listan los modelos pertenecientes a dicho



## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

	usuario y lo selecciona. El caso de uso culmina cuando el modelo es visualizado en la escena.
Precondiciones:	El usuario tiene que estar autenticado y haber enviado por lo menos un modelo correctamente al servidor o que existan otros usuarios registrados que hayan realizado la misma operación.
Referencias	RF6
Prioridad	Crítico.
<b>Flujo Normal de Eventos</b>	
<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
1- El usuario selecciona del menú de selección su nombre o el de otro usuario registrado.	2- Muestra la lista de los componentes pertenecientes a dicho usuario.
3- El usuario selecciona del segundo menú de selección (que es la lista de los modelos, que envió el usuario anteriormente seleccionado), el nombre del modelo a visualizar.	4- Muestra en la escena la imagen aumentada con el modelo 3D seleccionado.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
Poscondiciones	1- El objeto 3D seleccionado por el usuario es visualizado en Realidad Aumentada.

**Tabla 6:** Caso de uso Seleccionar Modelos 3D

## *Capítulo 2: Descripción y análisis de la solución propuesta*

---

<b>Caso de Uso:</b>	<b>Interactuar con objetos virtuales.</b>	
Actores:	Usuario	
Resumen:	El caso de uso se inicia cuando el usuario interactúa con el modelo 3D escalando el tamaño y rotándolo en los ejes x, y, z. El caso de uso finaliza cuando el usuario configura la apariencia del objeto a su gusto.	
Precondiciones:	El marcador fue reconocido y el modelo se encuentra insertado en la escena.	
Referencias	RF7	
Prioridad	Crítico.	
<b>Flujo Normal de Eventos</b>		
<b>Acción del Actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>	
1- El usuario desliza el componente Slider para escalar el objeto 3D.	2- Aumenta el tamaño del modelo o lo disminuye en dependencia de si el deslizamiento es ascendente o descendente.	
3- El usuario marca una o varias de las opciones de rotar en cualquiera de los tres ejes x, y, z.	4- Según la opción seleccionada comienza la rotación del modelo en ese eje. De estar más de un eje seleccionado el modelo rota en varios ejes.	
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>		

Flujos Alternos	
Acción del Actor	Respuesta del Sistema
5- El usuario determina que el modelo se observa bien y no desea interactuar con él.	10 – Muestra el modelo en la escala por defecto y sin rotación.
<i>Prototipo de Sistema de Realidad Aumentada</i>	
Poscondiciones	1- El objeto 3D se observa al gusto del usuario.

**Tabla 7:** Caso de uso Interactuar con objetos virtuales

## **2.8 Conclusiones parciales del capítulo**

En este capítulo se describió lo que el sistema debe ser capaz de hacer. Para ello se modelaron los principales conceptos, se establecieron las capacidades o funcionalidades que el sistema debe cumplir y las propiedades o cualidades que el producto debe tener, es decir, los requisitos funcionales y no funcionales. Se agruparon los requisitos funcionales en casos de uso y estos últimos se describieron para un mejor entendimiento de los procesos que tendrán lugar en el producto desarrollado.

## Capítulo 3: Diseño e implementación.

### 3.1 Introducción

En este capítulo se tratan los aspectos fundamentales del diseño e implementación de la solución para la elaboración del prototipo de sistema de realidad aumentada.

### 3.2 Diagrama de clases del diseño

Los diagramas de clases del diseño son una representación concreta, representan la parte estática del sistema, las clases y sus relaciones. En la figura se muestra el diagrama de clases del diseño, el cual resultó ser el punto de partida para comenzar a elaborar la solución en términos del lenguaje de programación seleccionado. Para restar complejidad al diagrama, se decidió tener en cuenta solo los atributos de las clases.

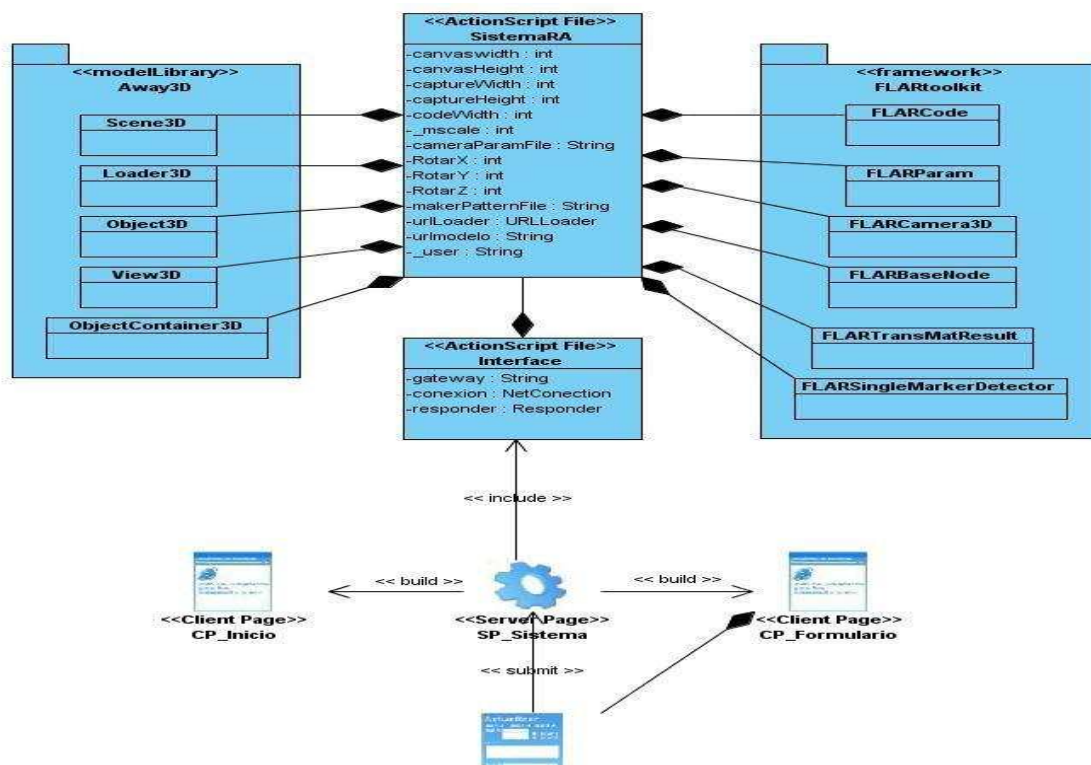


Figura 10: Diagrama de clases del diseño

*Sistemas de Realidad Aumentada con elementos de aplicaciones de Internet enriquecidas.*

### 3.3 Descripción de las clases del diseño

A continuación se proporciona una descripción detallada de los atributos y métodos más significativos de las clases más importantes para lograr un mejor entendimiento.

Nombre de la Clase: SistemaRA	
Tipo de clase: Controladora	
Responsabilidades de la clase:	
Atributo	Tipo
canvasWidth	int
canvasHeight	int
loader	Loader3D
captureWidth	int
captureHeight	int
codeWidth	int
_mscale	int
cameraParamFile	String
rotarX	int
rotarY	int
rotarZ	int
markerPatternFile	String

urlLoader	URLLoader
cameraParam	FLARParam
markerPaternCode	FLARCode
webcamera	Camera
Video	Video
capture	Bitmap
detector	FLARSingleMarkerDetector
view3D	View3D
urlmodelo	String
scene3D	Scene3D
camera3D	FLARCamera3D
markerNode	FLARBaseNode
container	ObjectContainer3D
resultMat	FLARTransMatResult
_user	String
Nombre:	initialize()
Descripción:	Inicializa los parámetros de la cámara para definir las dimensiones de la filmación, luego carga el marcador predeterminado para tenerlo en memoria y así poderlo detectar una vez que se

	encuentre en la escena.
Nombre:	onInit()
Descripción:	Inicializa la captura de la cámara con las dimensiones definidas anteriormente, muestra un mensaje si no existe ninguna cámara conectada en el momento que se ejecuta la aplicación. Procede a la detección del marcador.
Nombre:	supportLibsInit()
Descripción:	Crea la escena 3D y le adiciona un nodo de marcador al cual posteriormente se le añadirá el contenedor del objeto 3D. Inicializa una cámara 3D, crea la vista 3D pasándole como parámetros la escena 3D y la cámara 3D. Luego añade la vista 3D a la escena..
Nombre:	CargarModelos3ds()
Descripción:	Carga los modelos desde el directorio según el usuario y el modelo seleccionado en ese momento. Añade dicho modelo al contenedor de objetos 3D.
Nombre:	start()
Descripción:	Inicializa una variable que en este caso es el contenedor de objetos 3D y luego se lo agrega al nodo de marcador que se encuentra dentro de la escena 3D.

**Tabla 8:** Clase SistemaRA

<b>Nombre de la Clase: Interfaz</b>
-------------------------------------

<b>Tipo de clase:</b> Controladora	
<b>Responsabilidades de la clase:</b>	
<b>Atributo</b>	<b>Tipo</b>
sistema	SistemaRA
gateway	String
conexion	NetConection
responder	Responder
Nombre:	start()
Descripción:	Conecta Flex con PHP mediante Amfphp para poder llamar a los métodos que tienen consultas de la base de datos del sitio WEB.
Nombre:	onGetUsers()
Descripción:	Llama al servicio de Amfphp, DataAccess para acceder al método getAllusers, escrito en php, que devuelve un arreglo con el nombre de todos los usuarios registrados en el sitio.
Nombre:	setUsers ()
Descripción:	Obtiene el arreglo con el nombre de todos los usuarios y los agrega a un componente comboBox para listarlos en la interfaz de usuario.
Nombre:	findModels()
Descripción:	Llama al servicio de Amfphp, DataAccess para acceder al método getAllmodel, escrito en php, que devuelve un arreglo con el nombre



	de todos los modelos según el id del usuario seleccionado.
Nombre:	setModelos ()
Descripción:	Obtiene el arreglo con el nombre de todos los modelos que pertenecen al usuario seleccionado y los lista en un comboBox en la interfaz de usuario.
Nombre:	InitWebcam ()
Descripción:	Hace una instancia de la clase SistemaRA y la añade a la vista de la interfaz de usuario.

**Tabla 9:** Clase Interfaz

### 3.4 Diagramas de secuencia

El diagrama de secuencia es uno de los diagramas más efectivos para modelar interacción entre objetos en un sistema. Un diagrama de secuencia muestra la interacción de un conjunto de objetos en una aplicación a través del tiempo y se modela para cada método de la clase. En este epígrafe se muestran los diagramas de secuencia correspondientes a los casos de uso descritos anteriormente en el capítulo 2.

AUTENTICAR USUARIO

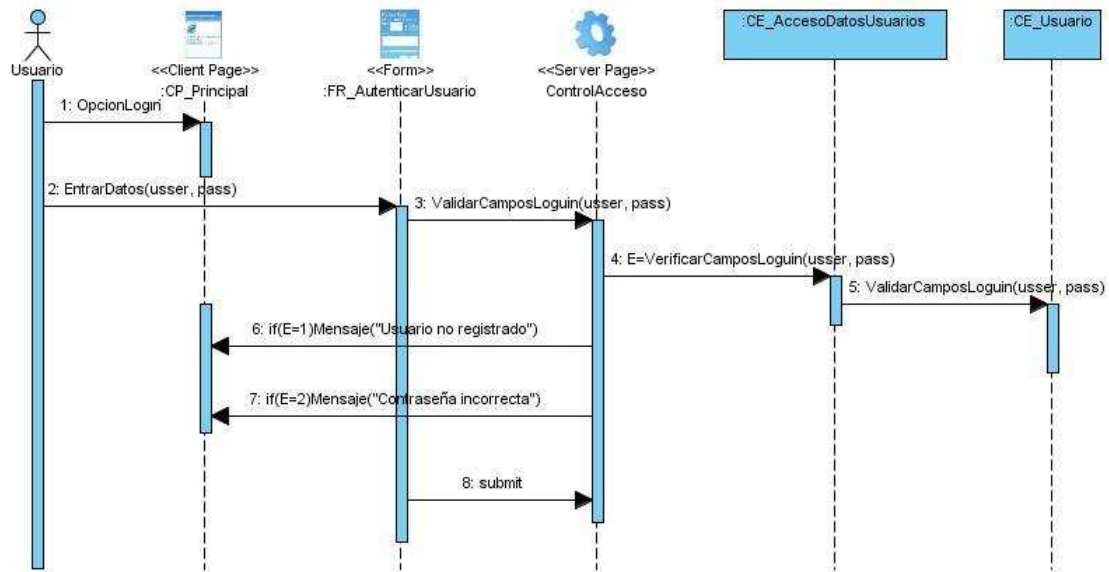


Figura 11: Diagrama de secuencia Autenticar usuario

En la figura 10 se observa el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso Autenticar usuario. Para realizar la autenticación el usuario entra sus datos al sistema (nombre de usuario y contraseña), se realiza la validación de los mismos y se verifica si son correctos o no.

## REGISTRAR USUARIO

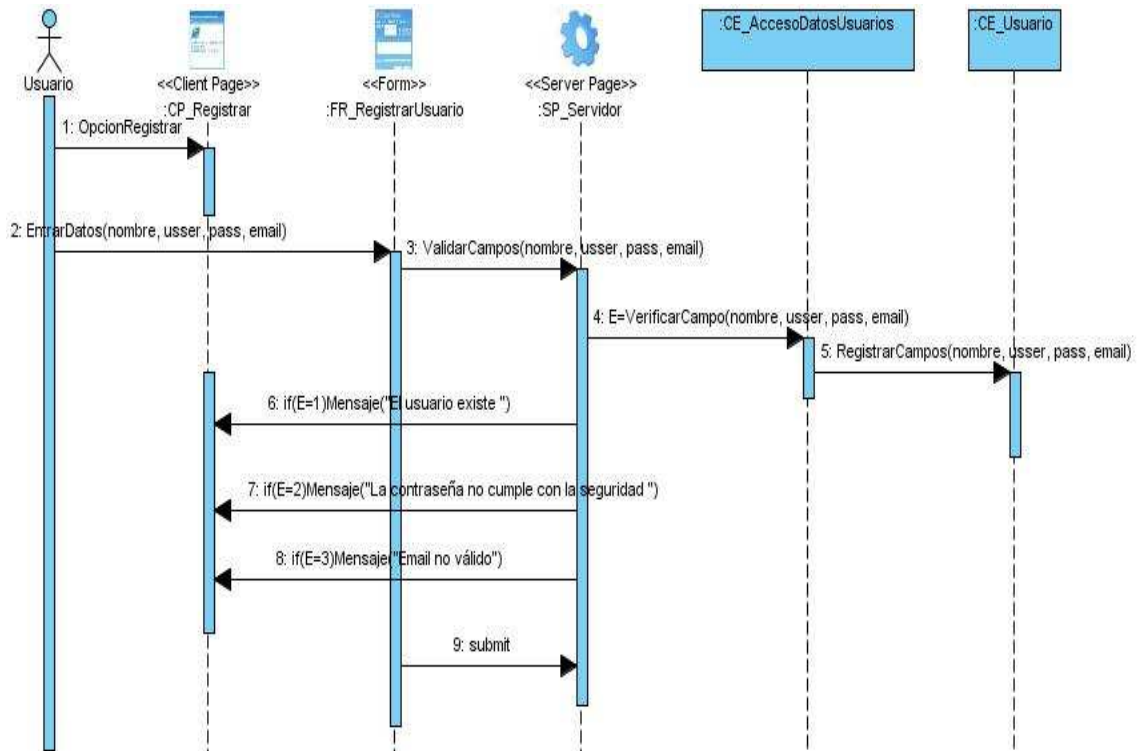


Figura 12: Diagrama de secuencia Registrar usuario

El diagrama de secuencia representado en la figura 11 corresponde al caso de uso Registrar usuario. En este el usuario realiza la entrada de algunos datos necesarios, como nombre, nombre de usuario, contraseña y correo electrónico. Los mismos se insertan en la base de datos, una vez que se verifique que cumplen con las restricciones del sistema.

CREAR CATÁLOGO

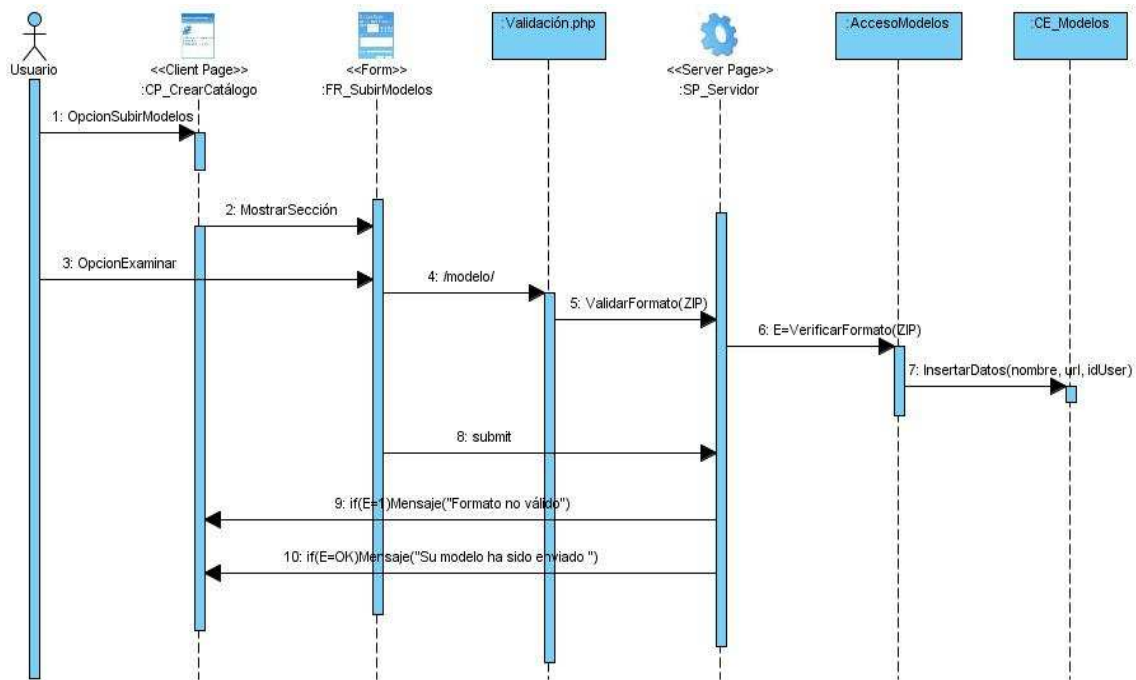


Figura 13: Diagrama de secuencia Crear catálogo

En el diagrama de secuencia representado en la figura 12 se observa el flujo de los eventos de caso de uso Crear catálogo. El usuario envía una serie de modelos 3D al servidor con el objetivo de visualizarlos posteriormente en Realidad Aumentada, los modelos deben cumplir con algunos requisitos. Se verifica el formato de los modelos y luego se inserta, el nombre del modelo, identificador del usuario que realizó el envío y la dirección de dicho modelo en la base de datos.

## MOSTRAR VISUALIZACIÓN DE CATÁLOGO

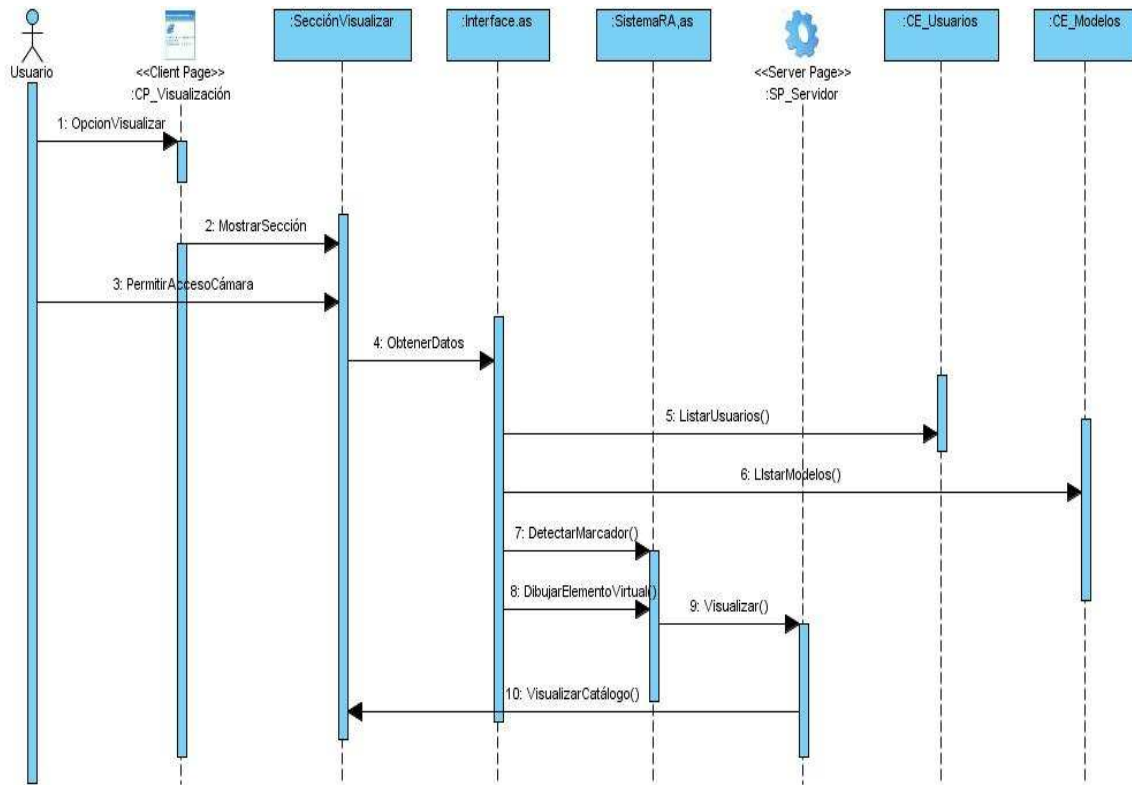


Figura 14: Diagrama de secuencia Mostrar visualización de catálogo

La figura 13 muestra el diagrama de secuencia del caso de uso Mostrar visualización de catálogo. El actor accede a la opción “Visualizar” y el sistema muestra el visor de Realidad Aumentada, haciendo una consulta a las tablas de la base de datos Modelos y Usuarios para listarlos y si se detecta un marcador en la escena de filmación de la cámara se muestra el modelo seleccionado por defecto.

## SELECCIONAR MODELOS 3D

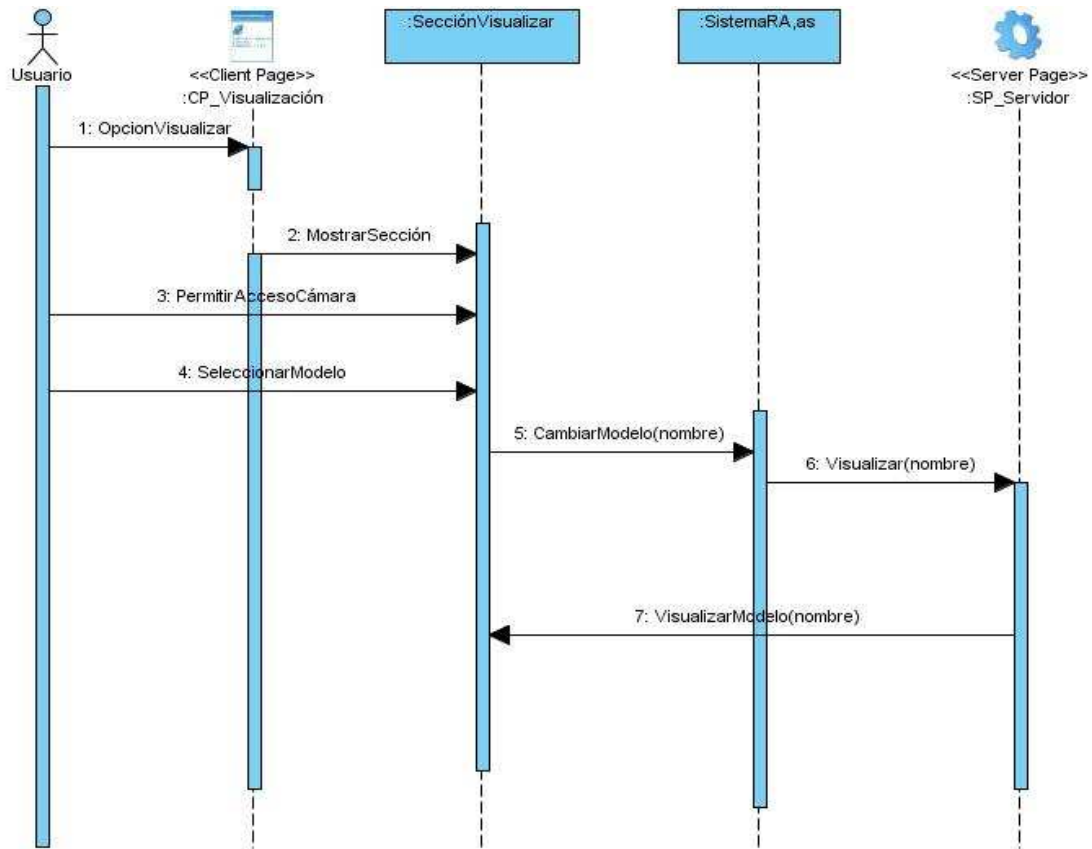
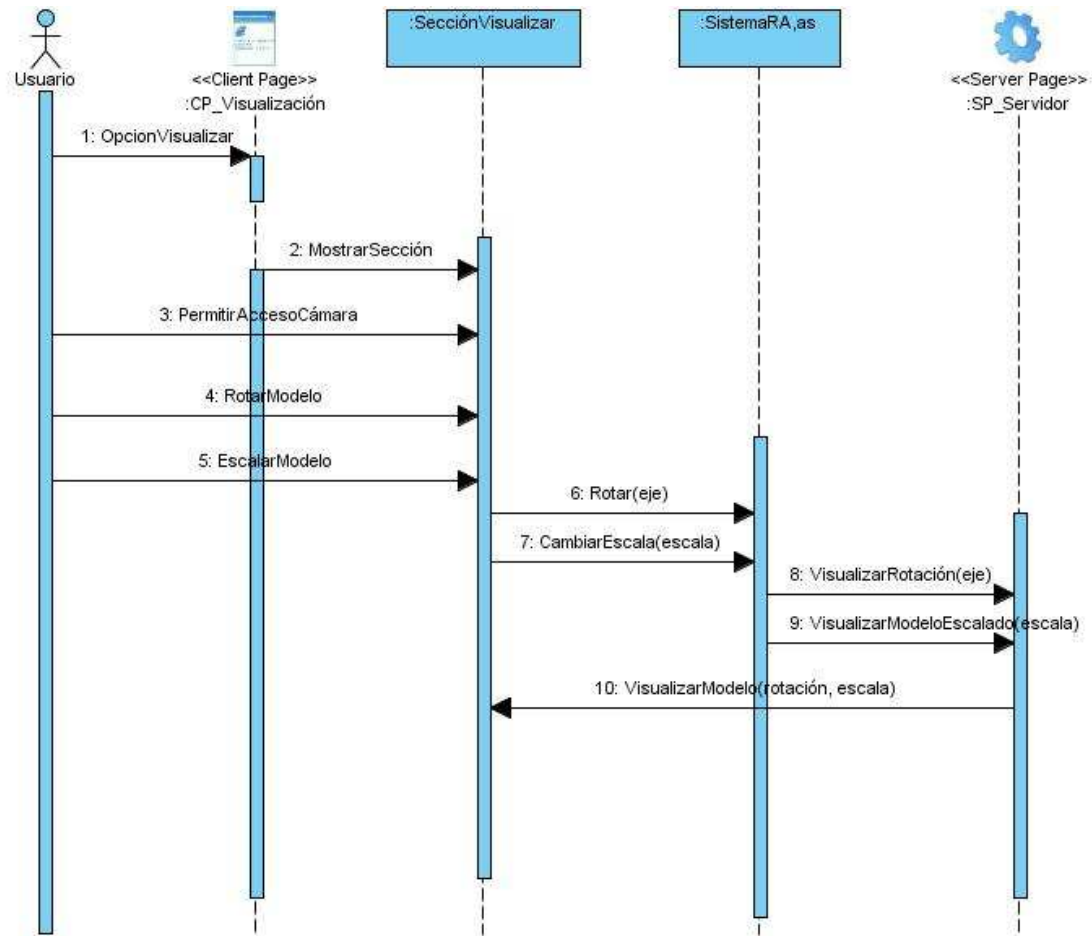


Figura 15: Diagrama de secuencia Seleccionar Modelos 3D

En la figura 14 se observa el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso seleccionar modelos 3D. Una vez que se muestra la ventana del visor, el usuario puede seleccionar entre los diferentes modelos pertenecientes a los distintos usuarios registrados en el sistema y así poder observarlos en realidad aumentada.

## INTERACTUAR CON OBJETOS VIRTUALES



**Figura 16:** Diagrama de secuencia Interactuar con objetos virtuales

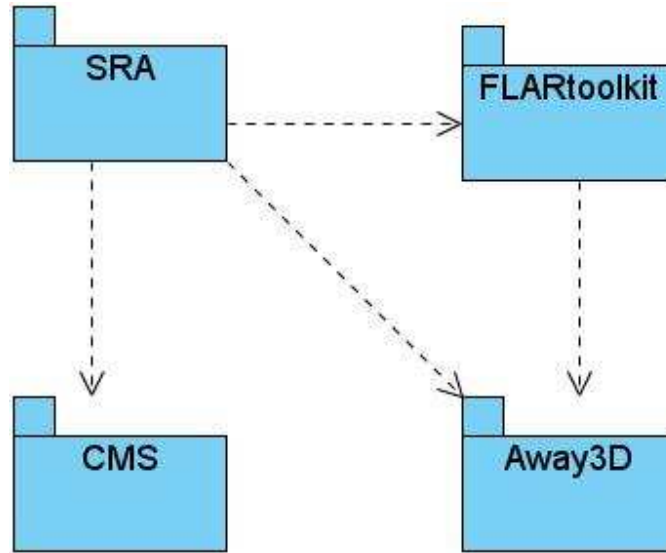
El diagrama de secuencia representado en la figura 15 pertenece al caso de uso Interactuar con objetos virtuales. En este si el usuario oprime cualquiera de las opciones de rotación en los tres ejes o escala el modelo, se observa la variación de la escena aumentada.

### 3.5 Diagrama de componentes

Para la elaboración de la aplicación se utilizaron varios componentes agrupados en paquetes como se muestra en la figura. El paquete SRA es el que agrupa los componentes definidos para la elaboración del prototipo funcional. En el paquete FLARtoolkit están los componentes de dicha biblioteca. En Away3D están los

*Sistemas de Realidad Aumentada con elementos de aplicaciones de Internet enriquecidas.*

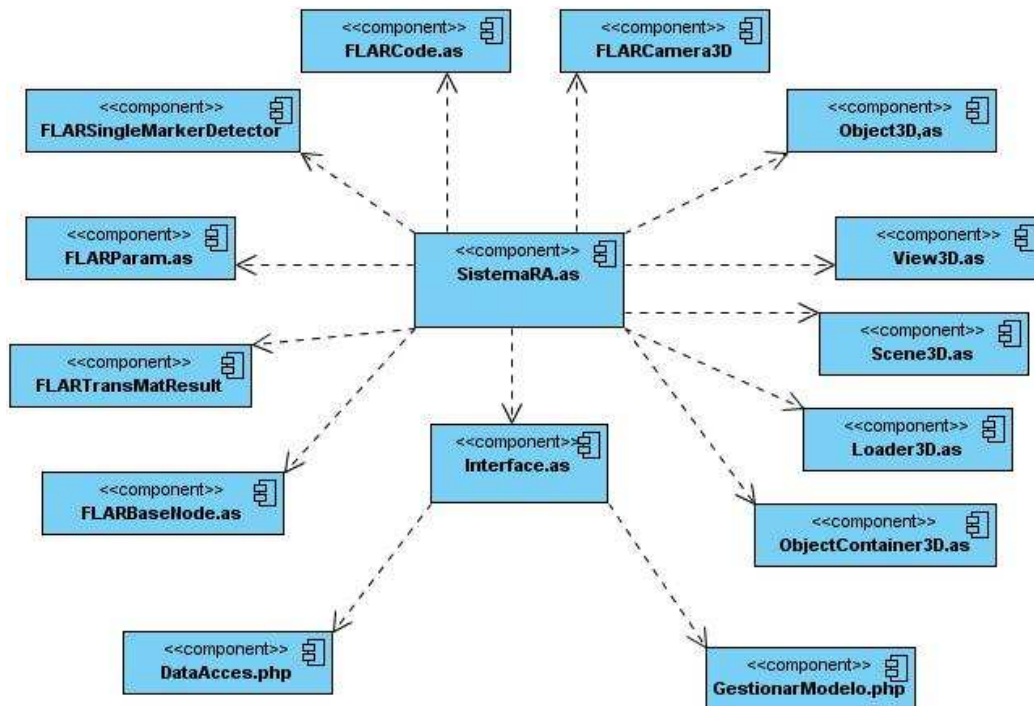
componentes utilizados para el trabajo con objetos 3D y en el paquete CMS se encuentran los componentes que utiliza Joomla para la administración de contenidos.



**Figura 17:** Diagrama de paquetes

El diagrama de componentes es usado para estructurar el modelo de implementación y mostrar las relaciones entre los elementos de implementación. Este diagrama muestra la estructura de alto nivel del modelo de implementación.





### 3.6 Diagrama de despliegue

En el siguiente diagrama se muestra la configuración de hardware del sistema, así como los nodos físicos por los que está compuesto y sus respectivas conexiones. El sistema está constituido siguiendo la arquitectura cliente servidor, donde se interactúa con el usuario a través de una estación de trabajo cliente desde donde se solicita una determinada petición al servidor. Del lado del servidor estará funcionando la base de datos MySQL, así como el servidor WEB Apache. La comunicación con el nodo del cliente que es donde se van a mostrar las interfaces para interactuar con el sistema se va a realizar por medio del protocolo HTTP. El nodo cliente debe contar con una cámara conectada a través del puerto USB (Figura 17).

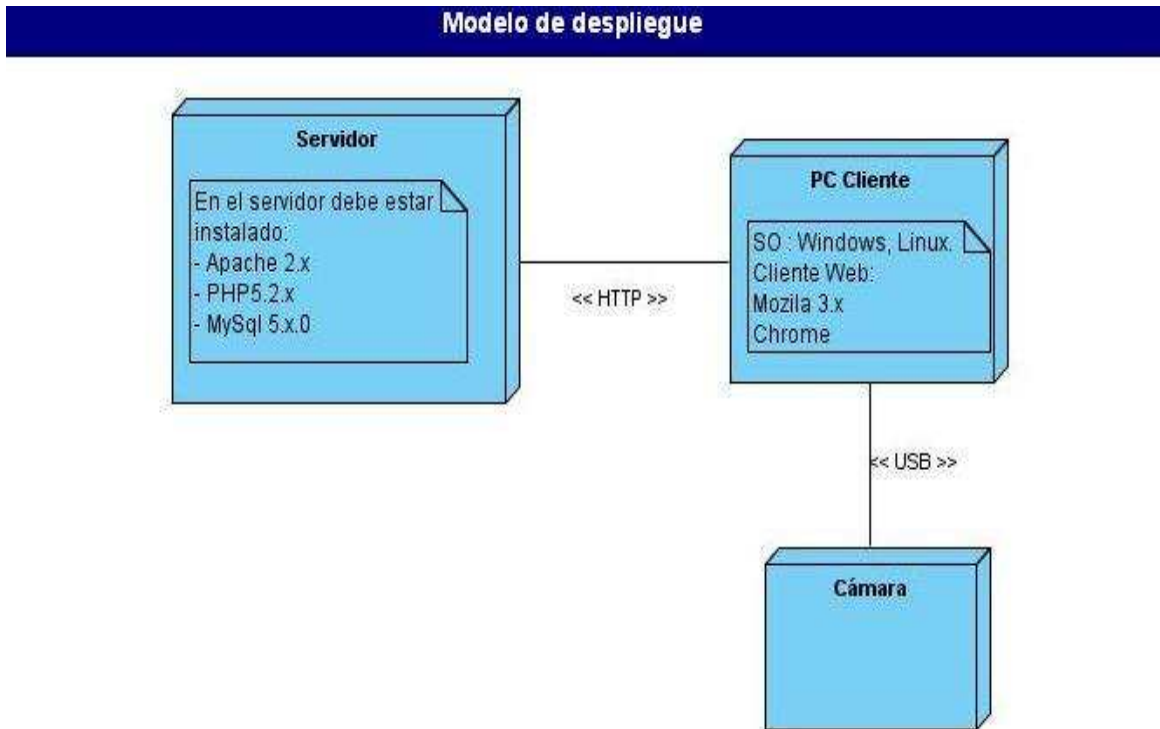


Figura 18: Modelo de despliegue

### 3.7 Mapa de navegación

Un mapa de navegación es una lista de las páginas de un sitio web accesibles por parte de los usuarios, es la presentación de la información expresada en un diagrama. La importancia de elaborar un mapa de navegación del sitio web radica en la comprensión del orden de presentación de las pantallas con los contenidos (páginas web) y la flexibilidad de moverse entre ellas (hipervínculos). A continuación se muestra el mapa de navegación del prototipo de sistema funcional elaborado.

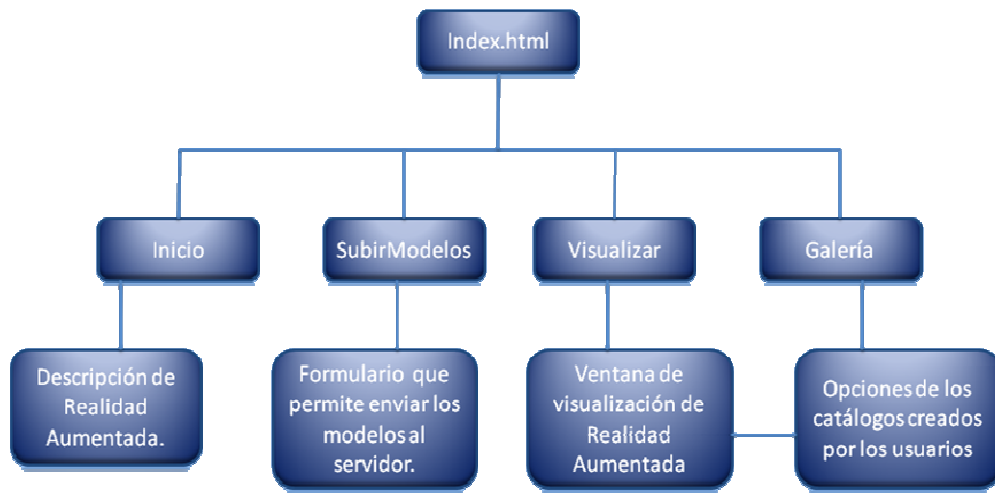


Figura 19: Mapa de navegación

### 3.8 Discusión de los resultados

Una vez implementado del sistema se procedió a realizarle pruebas con el objetivo de determinar la factibilidad de la ejecución de una aplicación de RA en la web. Las pruebas se realizaron en dos sistemas operativos Window y Linux. Para ello se tuvo en cuenta algunos de los navegadores más utilizados en sus respectivas versiones Firefox 4, Google Chrome 6.0, Internet Explorer 8 en Window y Opera 9.5, Konkeror 4.6, Midori 0.3.2 en Linux. Por cada uno de estos navegadores se midieron las siguientes variables carga de trabajo del CPU, medido en por ciento de utilización y la memoria consumida por cada navegador ejecutando la aplicación de RA, medida en MB.

Para conocer la complejidad de los datos que se pueden mostrar en el sistema de RA implementado, se tuvieron en cuenta tres variantes de los datos a visualizar en función de la cantidad de polígonos para definir el grado de detalle de los mismos. La variable cantidad de polígonos se decidió dividirla en tres clasificaciones como se muestra a continuación:

### Capítulo 3: Diseño e implementación

- Low Poly (L): 0 < cantidad de polígonos < 2500 Polígonos.
- Medium Poly (M): 2500 < cantidad de polígonos < 10 000 Polígonos.
- High Poly (H): cantidad de polígonos > 10 000 Polígonos.

Luego de realizar varias pruebas al prototipo funcional del sistema se obtuvo la siguiente tabla donde se resumen los resultados.

Navegadores	CPU			Memoria Consumida		
	L	M	H	L	M	H
Cant. Polígonos						
Mozilla Firefox.	30%	49%	53%	69Mb	136Mb	300Mb
Google Chrome.	51%	50%	52%	69Mb	138Mb	304Mb
Internet Explore.	50%	50%	54%	90Mb	143Mb	380Mb

**Tabla 10:** Rendimiento de los resultados en Window.

Navegadores	CPU			Memoria Consumida		
	L	M	H	L	M	H
Cant. Polígonos						
Opera	45%	49%	53%	70Mb	136Mb	297Mb
Konkeror	45%	50%	52%	81Mb	123Mb	300Mb
Midori	46%	50%	51%	76Mb	125Mb	301Mb

**Tabla 11:** Rendimiento de los resultados en Linux.

La diferencia entre los navegadores es pequeña, el consumo de memoria en el peor de los casos no excede los 400 MB, comparado con el estándar de memoria usado en el mundo actualmente que oscila entre 1 y 2 GB como mínimo, la aplicación posee un excelente comportamiento en este sentido. Aunque se observa que en el navegador firefox hay una ligera diferencia positiva con respecto a los demás navegadores en las dos variables medidas, carga de trabajo del CPU y memoria consumida

Se recomienda que los modelos no excedan los 10 000 polígonos, para garantizar que la respuesta del sistema sea lo más próxima posible al tiempo real interactivo. Sin embargo en el caso de superarlos el sistema es capaz de cargar dichos modelos pero con un tiempo de retardo superior al esperado lo que causaría una demora innecesaria y rangos de tiempos no interactivos para una aplicación de Realidad Aumentada. Esto se debe a la aceleración del flash player el cuál se caracteriza por su consumo intensivo de memoria. No obstante se espera que la calidad de este tipo de aplicaciones aumente a medida que Adobe perfeccione el reproductor, lo cual vemos que está sucediendo paulatinamente al punto de que ya este es capaz de utilizar aceleración de los gráficos basado en el hardware de la estación cliente, entiéndase tarjeta de video.

### **3.9 Conclusiones parciales del capítulo**

En este capítulo se realizó el diseño e implementación del prototipo de sistema de realidad aumentada. Obteniendo el diagrama de clases de diseño, de las cuales se describieron las principales atributos y funcionalidades para lograr un mayor entendimiento. Se obtuvieron los diagramas de componentes y despliegue correspondiente al flujo de trabajo de implementación, lo cual facilitó la implementación. Por último se realizaron el mapa de navegación del sitio en general para mostrar el flujo de la navegación de los usuarios y la tabla del rendimiento de la aplicación con respecto al consumo de memoria y tiempo.

## **Conclusiones Generales**

El estudio de las diferentes tecnologías que pueden ser utilizadas para el desarrollo de un sistema de realidad aumentada basado en aplicaciones ricas de internet, permitió conocer los elementos necesarios para poder enfocar la investigación a las tecnologías web. Se definió una alternativa de desarrollo de aplicaciones de RA para la web basándose en tecnologías de aplicaciones RIAs como Adobe Flash vinculado a PHP a través de Flex, FlarToolkit, Away3D y Joomla las cuales constituyen referencia obligada a la hora de desarrollar este tipo de aplicaciones. Finalmente se logró implementar una aplicación donde se pueden observar contenidos de RA en un sitio web, en la cual se evidencia las ventajas que ofrece este tipo de aplicaciones, identificando un nicho sobre el que se puede dirigir la estrategia de mercado de la UCI.

## **Recomendaciones**

Una vez implementado el prototipo funcional con los resultados satisfactorios obtenidos se recomienda que este resultado se utilice conjuntamente con la investigación realizada para que sirva como punto de partida de la realización de sistemas de realidad aumentada basados en la web. Además se recomienda:

- Incorporar otros formatos para la representación de los objetos virtuales como COLLADA.
- Añadir a los objetos 3D visualizados, luces y sombras para lograr una visión más real de la escena aumentada.
- Agregar a la solución la detección de varios marcadores para visualizar más de un objeto 3D en la escena.
- Realizar investigaciones con vista a elaborar algún producto que utilice la Realidad Aumentada en la web.
- Embeber el componente implementado en algún sitio web de la universidad para incitar a la comunidad UCI al desarrollo de posibles sistemas de realidad aumentada.

## **Referencias bibliográficas**

[AZUMA, 1997]: Azuma, Ronald. *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments [En línea] Vol. 6 no. 4 (1997) [Consultado: 12-12-2010]. Disponible en: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>

[Gutiérrez, 2009]: Gilberto Nájera Gutiérrez. Realidad aumentada en Interfaces Hombre-Máquina. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Computación. Instituto Politécnico Nacional. Centro de investigación en Computación. [En línea] (2009) [Consultado: 05-04-2011].

[Solutek Informática, 2009]: Solutek Informática. Aplicaciones de Realidad Aumentada: Aplicación en la Medicina. [En línea] (2009) [Consultado: 26-02-2011]. Disponible en: [http://solutekcolombia.com/realidad\\_aumentada\\_aplicacion\\_medicina.htm](http://solutekcolombia.com/realidad_aumentada_aplicacion_medicina.htm)

[Colectivo de Autores, 2007]: X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche y J.C. Olabe. Realidad Aumentada en la Educación: una tecnología emergente. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU. Bilbao, España. [En línea] (2007) [Consultado: 07-01-2011]. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/55642790/educamadrid-2007>

[Zugara. Inc., 2011]: Zugara. Inc. [En línea] (2011) [Consultado: 15-03-2011]. Disponible en: <http://www.zugara.com/>

[DB Net Solution, 2007]: DB Net Solution. [En línea] (2007) [Consultado: 17-03-2011]. Disponible en: <http://www.dbnetsolutions.co.uk/BenefitsOfWebBasedApplications.aspx>

[Trubac, 2006]: Trubac, Andrew. HTML. [En línea] (2006) [Consultado: 20-04-2011]. Disponible en: [http://kidsisterproductions.com/SGML\\_XML\\_HTML\\_and\\_XHTML.html](http://kidsisterproductions.com/SGML_XML_HTML_and_XHTML.html)

[Ortiz Fernández, 2009]: Ortiz Fernández, Juan Alberto. Análisis de la tendencia web 2.0 y su relación-cliente empresa. [En línea] (2009) [Consultado: 15-04-2011]. Disponible en: <http://www.slideshare.net/OrtizJuan/presentacion-con-formato>



[Martin Maldonado, 2008]: Martin Maldonado, Daniel. Apache, el servidor web más reconocido. [En línea] (Abril 20, 2008) [Consultado: 17-04-2011]. Disponible en: <http://www.aplicacionesempresariales.com/apache-el-servidor-WEB-mas-reconocido.html>

[Van Der Henst S., 2005] ¿Qué es la Web 2.0? Van Der Henst S., Christian. [En línea] (2005) [Consultado: 03-05-2011]. Disponible en: <http://www.maestrosdelweb.com/>

[Colectivo de Autores, 2008]: X Wang LI, Hu Dh, Wang Zc, Song H. Research and realization of RIA WebGIS based on Flex. (2008). Computer Applications. Vol. 28. China. Sitio Oficial IEEE. Disponible en: <http://csdl.computer.org/dl/4353b050.pdf>

[Koyama, 2009]: T. Koyama. Introduction to FLARToolkit. [En línea] (Noviembre, 2009) [Consultado: 19-04-2011]. Disponible en: <http://www.sagoo.sh/Introduction-to-FLARToolKit.pdf>

[Soto, 2006]: Soto, Celeste. The Advantages of php. [En línea] (2006) [Consultado: 25-04-2011]. Disponible en: <http://www.designersplayground.com/articles/118/1/The-Advantages-of-PHP/Page1.html>

[Booch, 1998]: Booch. El Lenguaje Unificado de Modelado. Addison Wesley, 1998.

[Ouyang, 2009] Youwen Ouyang, Matthew Lehmann. Flash-Based Tool for Earthquake Epicenter Identification. [En línea (2009)] [Consultado: 21-05-2011]. Disponible en: <http://csdl.computer.org/3507b389.pdf>

[Adobe, 2010] Flex 4 Help. Adobe Systems Incorporated [En línea 2010] [Consultado: 2-01-2011]. Disponible en: <http://www.livedocs.adobe.com/flex4/html/help.html>

[Ulises, 2011] Walter Ulises. Ayllapan Ventajas y características de Joomla CMS. En línea (2011) [Consultado: 5-03-2011]. Disponible en: <http://www.joomlaos.net/caracteristicas-de-joomla>

## **Bibliografía consultada**

Milgram, P. and F. Kishino, *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. IEICE Transactions on Information Systems, 1994. E77-D(12).

AlternativaPlatform-Alternativa3D. [En línea 2010] Disponible en: <http://alternativaplatform.com/alternativa3d/>

R. Raskar, W. Ramesh and H. Fuchs, "Spatially Augmented Reality". IEEE First International Workshop on Augmented Reality, 2008 - San Francisco.

Anderson Carlos. M. Tavares, Sergio Murilo M. Fernández, María Lencastre P. de M. Cruz. Collaborative Virtual Environment with Augmented Reality on Web. 2010 International Conference on Cyberworlds.

Flex 3 data visualization developer guide, Adobe Systems Incorporated, [En línea 2008] Disponible en: [http://livedocs.adobe.com/flex/3/datavis\\_flex3.pdf](http://livedocs.adobe.com/flex/3/datavis_flex3.pdf)

Flex 3 developer's guide," Adobe Systems Incorporated, [En línea 2009] Disponible en: [http://livedocs.adobe.com/flex/3/html/help.html?Content=Part2\\_DevApps\\_1.html](http://livedocs.adobe.com/flex/3/html/help.html?Content=Part2_DevApps_1.html)

David Gassner, "Flash Builder 4 and Flex 4 Bible". [En línea 2010] Disponible en: [http://www.ebook3000.com/Flash-Builder-4-and-Flex-4-Bible\\_72997.html](http://www.ebook3000.com/Flash-Builder-4-and-Flex-4-Bible_72997.html)

W. J. Zhang, "Research of Web3D technology application in ecommerce," In the 5th China Conference on Software Engineering, Beijing, China, vol. 1, pp. 225-227, November 2008.

Adobe Systems Inc, "SWF file format specification," <http://www.adobe.com/devnet/swf/>

Programación con ActionScript 3.0. Adobe Systems Inc. 2007. 838 pág.

Using Adobe ActionScript 3.0 Components. Adobe Systems Inc. 2008. 180 pág.

Gary Rosenzweig. ActionScript 3.0. Game Programming University. 800 East 96th Street Indianapolis, Indiana 46240 USA. 2008 by Que Publishing. 455 pág.

**Anexos**

## **Glosario de Términos**

**Framework:** En el desarrollo de software, un framework es una estructura de soporte definida en la cual otro proyecto de software puede ser organizado y desarrollado. Típicamente, un framework puede incluir soporte de programas, bibliotecas y un lenguaje interpretado entre otros software para ayudar a desarrollar y unir los diferentes componentes de un proyecto.

**Render:** Es un término usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen desde un modelo. Este término técnico es utilizado por los animadores o productores audiovisuales y en programas de diseño en 3D. En términos de visualizaciones en una computadora, más específicamente en 3D, la renderización es un proceso de cálculo complejo desarrollado por un ordenador destinado a generar una imagen 2D a partir de una escena 3D. La traducción más fidedigna es *interpretación*, aunque se suele usar el término inglés. Así podría decirse que en el proceso de renderización la computadora *interpreta* la escena en tres dimensiones y la plasma en una imagen bidimensional.