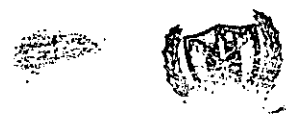


**INSITU**  
**SISTEMA DE GUIA TURÍSTICO *INSITU*, BASADO EN REALIDAD**  
**AUMENTADA PARA CARTAGENA DE INDIAS**



**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**  
**BIBLIOTECA FERNÁNDEZ DE MADRID**  
**CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN**

**David De Jesús Loret Velásquez**  
**Taidy Johana Marrugo Simancas**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS**  
**CARTAGENA DE INDIAS**  
**2011**

INSITU

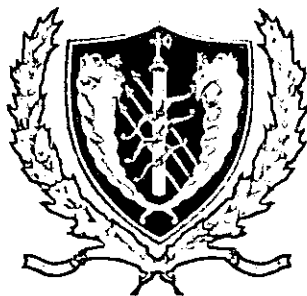
**SISTEMA DE GUIA TURÍSTICO *INSITU*, BASADO EN REALIDAD  
AUMENTADA PARA CARTAGENA DE INDIAS**

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN  
GIMÁTICA**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN  
INTELIGENCIA COMPUTACIONAL**

**DIRECTOR TRABAJO DE GRADO  
MSc. Luis Carlos Tovar Garrido  
Ingeniero de Sistemas  
Docente Universidad de Cartagena**

**INVESTIGADORES  
David De Jesús Lorett Velásquez  
Taidy Johana Marrugo Simancas**



62646

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS  
CARTAGENA DE INDIAS  
2011**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

## **DEDICATORIA**

A nuestro Dios que nos ha dado la fe, fortaleza, salud, conocimiento, sabiduría y esperanza para terminar este trabajo. (Apocalipsis 4:11)

A nuestros padres que nos han brindado amor, cariño, estímulo y apoyo constante. Su cariño, comprensión y paciente espera para terminar este proyecto evidencia su gran amor.

A las familias Lorett Velasquez y Marrugo Simancas por su apoyo incondicional en todo momento.

A los que nunca dudaron que lograríamos este triunfo: nuestros amigos, nuestra familia universitaria.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestras vidas y lograr esta meta.

A nuestros padres por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medida. Gracias por guiarnos sobre el camino de la educación y por encomendarnos siempre con Dios para que salieramos adelante. Sabemos que sus oraciones fueron escuchadas.

A nuestras familias por sus comentarios, sugerencias y opiniones.

A nuestros hermanos y hermanas por su compañía, consejos y buenos ratos.

A nuestro tutor Luis Tovar por permitirnos trabajar en su semillero de investigación. Sus consejos, paciencia y opiniones sirvieron para sentirnos satisfechos dentro del proyecto.

A nuestros compañeros Cesar Cardenas, Jesus Rodriguez y Leonardo Diaz por su apoyo en el desarrollo del proyecto. Gracias Cesar por la paciencia tenida con nosotros y todas las horas de trabajo dedicadas.

A nuestros docentes por sus consejos, asesorías, paciencia, motivación y tiempo dedicado a instruirnos. Más que docentes, son unos padres y madre que tenemos.

A nuestros amigos que son hermanos por hacer que cada tiempo fuera ameno. No olvidamos sus consejos, enseñanzas y ayuda durante el lapso de esta tesis. Gracias por estar con nosotros y compartir tantas aventuras, juegos, experiencias, eventos, desveladas, parciales y almuerzos.



## Tabla de contenido

RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Antecedentes.....	15
1.2 Planteamiento Del Problema.....	15
1.3 Justificación Del Estudio.....	16
1.4 Importancia Del Estudio.....	17
1.5 Contexto de la Investigación.....	18
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 Objetivo General.....	19
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3. ALCANCE DEL PROYECTO.....	20
4. MARCO TEÓRICO I.....	21
4.1 Realidad mezclada y el continuo de Milgram.....	21
4.2 Realidad virtual.....	22
4.3 Virtualidad aumentada.....	23
4.4 Computación ubicua.....	23
5. MARCO TEÓRICO II- REALIDAD AUMENTADA.....	25
5.1 Definición.....	25
5.2 Características de la Realidad Aumentada.....	26
5.3 Clasificación de los sistemas de Realidad Aumentada.....	26
5.4 Visualizadores de Realidad Aumentada.....	27
5.4.1 Visualizadores usados sobre la cabeza (HAD). .....	28
5.4.2 Visualizadores de pantalla en mano.....	29
5.4.3 Pantallas espaciales.....	29
5.5 Fundamentos Matemáticos.....	29
5.5.1 Sistemas de coordenadas.....	30
5.5.2 Relación espacial entre el entorno virtual y el real.....	31
5.5.3 Renderización en los sistemas de RA.....	31
5.6 Marcadores para realidad aumentada.....	33

- 6. REALIDAD AUMENTADA EN DISPOSITIVOS MÓVILES.....35
  - 6.1 Sistemas Operativos móviles.....35
    - 6.1.1 iPhone OS.....35
    - 6.1.2 Windows Mobile .....37
    - 6.1.3 BlackBerry OS.....37
    - 6.1.4 Android OS.....37
    - 6.1.5 Symbian OS.....40
  - 6.2 Plataforma J2ME .....42
- 7. ESTADO DEL ARTE .....46
  - 7.1 APLICACIONES EN DIVERSAS ÁREAS .....46
    - 7.1.1 Arqueología.....46
    - 7.1.2 Medicina.....48
    - 7.1.3 Entretenimiento .....49
    - 7.1.4 Procesos Industriales .....50
    - 7.1.5 Académico .....50
    - 7.1.6 Empresarial.....53
  - 7.2 APLICACIONES EN DISPOSITIVOS MÓVILES .....54
    - 7.2.1 Wikitude .....54
    - 7.2.2 Virtual Dart– juego con Realidad Aumentada con Symbian OS.....55
    - 7.2.3 Realidad aumentada en dispositivos móviles usando Python.....55
    - 7.2.4 Historia en parques arqueológicos usando J2ME y RA .....56
    - 7.2.5 Aplicaciones móviles con Realidad Aumentada usando J2ME .....57
    - 7.2.6 Catálogo Turístico con Realidad Aumentada usando móviles .....58
    - 7.2.7 Juegos con realidad aumentada en Symbian OS .....59
  - 7.3 APLICACIONES TURÍSTICAS .....59
    - 7.3.1 Prisma .....60
    - 7.3.2 Sistema de guía turística realizado por la Universidad de Viena .....60
- 8. METODOLOGÍA.....62
  - 8.1 Tipo de Investigación.....62
  - 8.2 Diseño utilizado .....62
  - 8.3 Procedimiento.....63
- 9. DESARROLLO.....65
  - 9.1 Exploración y selección de atractivos turísticos.....65

9.2	Estudio y selección de tecnología adecuada .....	66
9.2.1	Despliegue Web .....	66
9.2.2	Despliegue móvil .....	68
9.2.3	Tabla comparativa de tecnologías móviles para realidad aumentada	71
9.3	Desarrollo de los modelos a mostrar .....	72
9.4	Requerimientos .....	72
9.4.1	Funcionales .....	73
9.4.2	No funcionales .....	74
9.5	Macro arquitectura .....	75
9.5.1	Vista de casos de uso- escenarios .....	75
9.5.2	Vista de desarrollo .....	76
9.5.3	Vista Física .....	77
9.5.4	Vista de proceso .....	78
9.5.5	Vista Lógica .....	80
10.	RESULTADOS .....	83
11.	CONCLUSIONES .....	109
12.	RECOMENDACIONES .....	110
	Bibliografía .....	111
	ANEXO A .....	116
	ANEXO B .....	117



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: BALANCE GENERAL DE CARTAGENA DE INDIAS 2009 .....	16
Tabla 2: Continuo de Milgram con distribución porcentual de los contenidos.....	22
Tabla 3: Estructura de la librería J2ME creada por la Universidad Canterbury.....	57
Tabla 4: Cuadro comparativo tecnologías realidad aumentada movil.....	71

## LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Continuo de Milgram.....	21
Ilustración 2: Visualización de realidad aumentada .....	27
Ilustración 3: Persona usando HMD .....	28
Ilustración 4: Sistema de coordenadas para entorno real/virtual .....	31
Ilustración 5: Marcadores.....	33
Ilustración 6: Código QR.....	34
Ilustración 7: Capas de iPhone OS.....	35
Ilustración 8: Arquitectura Android OS.....	38
Ilustración 9: Capas que conforman la arquitectura de Symbian OS.....	40
Ilustración 10: Esquema ediciones java.....	43
Ilustración 11: Entorno J2ME.....	43
Ilustración 12: Capas J2ME .....	44
Ilustración 13: Ruinas de iglesia noruega Margaretakirken .....	47
Ilustración 14: Iglesia reconstruida con realidad aumentada .....	47
Ilustración 15: Arquitectura del sistema Archeoguide .....	47
Ilustración 16: Sitio arqueológico original.....	48
Ilustración 17: Sitio arqueológico visto con realidad aumentada .....	48
Ilustración 18: Realidad Aumentada con neurocirugía.....	49
Ilustración 19: The invisible train.....	49
Ilustración 20: Realidad Aumentada en nintendo 3DS.....	50
Ilustración 21: BMW Augmented Reality in practice .....	50
Ilustración 22: Interacciones en RA-Learning .....	51
Ilustración 23: Grupo de marcadores de aplicación AR para aprender palabras...	52
Ilustración 24: Letras en el juego de aprendizaje.....	52
Ilustración 25: Niño jugando con Realidad Aumentada .....	52
Ilustración 26: Aplicación UTEM.....	53
Ilustración 27: Aplicación Bakia .....	53
Ilustración 28: Wikitude.....	54
Ilustración 29: Juego con Realidad Aumentada en móviles con Symbian OS.....	55
Ilustración 30: Realidad Aumentada en dispositivos móviles usando Python.....	56
Ilustración 31: Aplicación en J2ME para historia en parques arqueológicos .....	56
Ilustración 32: Estructura visual del marcador .....	57
Ilustración 33: Implementación de algoritmo para RA usando J2ME.....	58
Ilustración 34: Catalogo turístico en dispositivos móviles .....	59
Ilustración 35: Aplicación AR TOWER DEFENSE por Cellagames .....	59
Ilustración 36: Proyecto Prisma- Mirador .....	60
Ilustración 37: Usuario trazando guía de localización histórica en Viena.....	61
Ilustración 38: Visualización de la información para la ciudad de Viena .....	61
Ilustración 39: Esquema fases del RUP.....	64
Ilustración 40: Esquema de despliegue web.....	66
Ilustración 41: Marcador propio para Insitu.....	67
Ilustración 42: Artoolkit Marker Generator .....	68

Ilustración 43: Esquema de despliegue móvil.....68

Ilustración 44: Reconocimiento de cámara de móvil con Android.....69

Ilustración 45: Marcador 1 propio usado en el proyecto .....70

Ilustración 46: Marcador 2 propio usado en el proyecto .....70

Ilustración 47: Marcador 3 propio usado en el proyecto .....70

Ilustración 48: Reconocimiento de cámara de móvil con J2ME.....70

Ilustración 49: Evidencia 1 desarrollo modelos de la Catedral.....72

Ilustración 50:Evidencia 2 desarrollo modelo de la Catedral .....72

Ilustración 51: Requerimientos funcionales .....74

Ilustración 52: Requerimientos no funcionales .....74

Ilustración 53: Caso de uso para administrador.....75

Ilustración 54: Caso de uso para visitante .....75

Ilustración 55: Vista de desarrollo parte web administrativa .....76

Ilustración 56: Diagrama de despliegue.....77

Ilustración 57: Diagrama de actividades visitante web.....78

Ilustración 58: Diagrama de actividades administrador web.....78

Ilustración 59: Diagrama de secuencia visitante .....79

Ilustración 60: Diagrama de secuencia administrador .....79

Ilustración 61: Diagrama de clases para gestión insitu web .....80

Ilustración 62: Diagrama de clases para desarrollo de realidad aumentada web ..80

Ilustración 63: Distribución de clases y paquetes realidad aumentada móvil .....81

Ilustración 64: Diagrama de clases realidad aumentada móvil .....82

Ilustración 65: Primer resultado de la investigación.....87

Ilustración 66: Segundo resultado de la investigación .....87

Ilustración 67: primer resultado investigación realidad aumentada con android....87

Ilustración 68: Esquema de base de datos .....88

Ilustración 69: Modelo de la Gobernación.....89

Ilustración 70: Modelo de la Catedral.....89

Ilustración 71: Modelo Bellas Artes.....90

Ilustración 72: Gestión insitu-parte administrativa.....90

Ilustración 73: Despliegue multimedia de insitu web.....90

Ilustración 74: Página de inicio del portal web .....90

Ilustración 75: Despliegue bellas artes .....91

Ilustración 76: Despliegue gobernación .....91

Ilustración 77 Despliegue Catedral .....91

Ilustración 78: Despliegue bellas artes en movil Android.....92

Ilustración 79: Despliegue Gobernación en movil Android.....92

Ilustración 80 Despliegue Catedral en movil Android.....92

Ilustración 81: Presentación a nivel regional.....93

Ilustración 82: Subida de archivos .....93

Ilustración 83:Configuración del sistema .....93

Ilustración 84: Gestión de contenidos .....93

Ilustración 85: visualización de contenido multimedia con RA.....94

Ilustración 86: visualización de modelo 3D con RA .....94

Ilustración 87: Despliegue móvil con realidad aumentada .....94

## GLOSARIO

**ATRACTIVO TURÍSTICO:** lugar de interés que los turistas visitan, generalmente por su valor cultural inherente o exhibido, significancia histórica, belleza natural o artificial, originalidad, porque es raro, misterioso, o para la recreación y diversión.(Wikipedia, 2011)

**DISPOSITIVOS MÓVILES:** aparatos de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, móviles o no, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, diseñados específicamente para una función, pero que pueden llevar a cabo otras funciones más generales.(Wikipedia, 2011)

**HMD:** Head-Mounted Displays. Son visualizadores montados en la cabeza. Actualmente son los dispositivos más usados para aplicaciones de realidad aumentada.(Bimber & Raskar, 2005)

**INSITU:** En el lugar, en el sitio.(REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2009)

**J2ME:** subconjunto de J2SE (Java 2 Standard Edition) orientado al desarrollo de aplicaciones java destinada a dispositivos con pocos recursos como teléfonos celulares, PDA's, buscapersonas, etc.(Froufe Quintas & Jorge Cardenas, 2006)

**MARCADOR:** elemento que ayuda a detectar la posición del usuario para saber cuál es la imagen a mostrar y la forma correcta.

**MODELOS EN 3D:** mundo conceptual en 3 dimensiones. Describe un conjunto de características que, en conjunto, resultarán en una imagen en 3D. Este conjunto de características suele estar formado por objetos poligonales, tonalidades, texturas, sombras, reflejos, transparencias, translucidez, iluminación (directa, indirecta y global), profundidad de campo, desenfoques por movimiento, ambiente, punto de vista, etc.(Alegsa, 2010)

## RESUMEN

Cartagena de Indias resplandece frente al mundo, por sus atractivos coloniales, su riqueza cultural y su belleza tropical, siendo el turismo una de las principales fuentes de ingreso para la ciudad, por lo cual surgen una serie de inquietudes como: *¿De qué forma se puede preservar en el tiempo la memoria histórica de los atractivos turísticos de Cartagena de Indias?* y a la vez, *¿Cómo se puede mostrar a los turistas de una mejor forma?, ¿De qué manera pueden las nuevas tecnologías, ser un apoyo para conseguir lo planteado?* Es así como nace la necesidad de sumarle Tecnologías de la Información a la oferta turística, para hacerla aun más atractiva a los visitantes, a la vez de preservar la memoria histórica del “Corralito de Piedra” a través del tiempo, dentro de un marco tecnológico que también le permita a la ciudad conservar en un inventario aquello que la ha llevado a ser patrimonio histórico de la humanidad y elevarse a la altura de otras ciudades del mundo que ofrecen servicios tecnológicos en pro del turismo, innovándose a sí misma, como destino turístico tecnológico.

El desarrollo de un sistema de realidad aumentada en los atractivos turísticos de la Ciudad de Cartagena de Indias, abonará la conservación de la memoria histórica de los atractivos turísticos de la ciudad, además, motivará las visitas turísticas, mostrará la información concerniente a los principales atractivos de forma animada y desde otra perspectiva, al mismo tiempo que se diseñarán nuevos usos para la tecnología que se plantea e impulsará la investigación de nuevos campos tecnológicos.

Los resultados más importantes obtenidos en el transcurso de la investigación son desarrollo de modelos en 3D de los atractivos seleccionados, sistema de realidad aumentada web y dispositivo móvil utilizado en ciertos sitios turísticos de la ciudad, participación en un evento local y regional con una ponencia y la evaluación de un artículo en el evento CLEI 2011 donde se muestran los resultados de la investigación.

El nombre *Insitu* es pertinente para el título de este proyecto porque permite que en el sitio en donde se despliegue la aplicación desde el dispositivo móvil se pueda apreciar la información y guía turística de forma oportuna.

## ABSTRACT

Cartagena de Indias shine before the world, for its colonial attractions, rich culture and tropical beauty, tourism is a major source of income for the city, which raises a number of questions like: *How is time can preserve the historical memory of the tourist attractions in Cartagena de Indias?* and yet, *how can show the tourists in a better manner?, How can new technologies be a support to get it proposed?* That is how comes the need to add information technology to tourism, to make it even more attractive to visitors, while preserving the historical memory of "Corralito de Piedra" over time, within a technological framework also allows the city to keep an inventory of what has made them historic heritage of humanity and rise up to other cities in the world that offer technology services in support of tourism, innovating itself as a tourist destination technology.

The development of an augmented reality system in the tourist attractions of the city of Cartagena de Indias, paid the conservation of historical memory of the tourist attractions of the city also motivate tourist visits, displays information concerning the main attractions in an animated and from another perspective, while designed new uses for the technology and foster research raises new technological fields.

The results obtained in the course of the investigation are developing 3D models of selected attractions, augmented reality system web and mobile device used in some tourist sites of the city, participating in local and regional event with a presentation and the evaluation of an article in the event CLEI 2011 which shows the results of the investigation.

*In situ* name is relevant to the title of this project because it allows the site where the application is deployed from the mobile device is can be to appreciate the information and tourist guide in a timely manner.

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

El portal del turismo de la Ciudad de Cartagena de Indias (BALANCE GENERAL DE CARTAGENA DE INDIAS 2009), luego de realizar el balance del año 2009 y según los reportes de las entidades pertinentes, señala que esta Perla del Caribe creció favorablemente en el ingreso, tránsito y movilización de pasajeros naturales, nacionales y extranjeros. De esta forma, la sociedad Aeroportuaria de la Costa (SACSA) informó un aumento del 12% y 23% para personas nacionales y extranjeras, respectivamente durante el último año, lo que se traduce a cifras puntuales en que 124.100 pasajeros internacionales y 701.530 nacionales hayan hecho su ingreso por el Aeropuerto Internacional Rafael Núñez, para un total de 825.630 visitantes. De igual manera la Sociedad Portuaria de Cartagena (SPRC) asegura que la entrada de cruceros se afianzo gracias al trabajo en conjunto de diferentes entidades y el apoyo de las navieras internacionales, las cuales creen en el destino, por esta razón, se contó con la llegada de 168 cruceros, 31 cruceros más que los reportados el año anterior, con 277.507 turistas internacionales y 121.037 tripulantes, cifras que revelan un crecimiento del 34% y 26%, respectivamente. Según la Terminal de Transportes de Cartagena de Indias, el incremento se vio reflejado en un 11,43%, es decir llegaron a la ciudad 439.380 mil vehículos de transporte intermunicipal. En cuanto al transporte marítimo hacia la zona insular de la ciudad el Muelle Turístico La Bodeguita, único muelle autorizado para la operación comercial de pasajeros, informa que más de 325.000 visitantes, hicieron su arribo al Parque Nacional de Coral Islas del Rosario y San Bernardo, con 29.000 turistas adicionales en comparación con el año anterior, lo que se traduce como el 9.42%.

### 1.2 Planteamiento Del Problema

Cartagena de Indias resplandece frente al mundo, por sus atractivos coloniales, su riqueza cultural y su belleza tropical, siendo el turismo una de las principales fuentes de ingreso para la ciudad, como se puede observar en las cifras señaladas en líneas anteriores, surgen una serie de inquietudes como: *¿De qué forma se puede preservar en el tiempo la memoria histórica de los atractivos turísticos de Cartagena de Indias?* y a la vez, *¿Cómo se puede mostrar a los turistas de una mejor forma?*, *¿De qué manera pueden las nuevas tecnologías, ser un apoyo para conseguir lo planteado?* Es así como surge la necesidad de sumarle Tecnologías de la Información a la oferta turística, para hacerla aun más atractiva a los visitantes, a la vez de preservar la memoria histórica del "Corralito de Piedra" a

través del tiempo, dentro de un marco tecnológico que también le permita a la ciudad conservar en un inventario aquello que la ha llevado a ser patrimonio histórico de la humanidad y elevarse a la altura de otras ciudades del mundo (SEMPÉRTEGUI, 2009) que ofrecen servicios tecnológicos en pro del turismo, innovándose a sí misma, como destino turístico tecnológico.

Teniendo en cuenta lo anterior, surgió la propuesta de desarrollar un sistema de realidad aumentada que le permita al turista tener una vista más detallada y personalizada, según sus necesidades, de los atractivos turísticos de la ciudad.

### 1.3 Justificación Del Estudio

Según Luis Ernesto Araujo Rumié (MEDINA, 2010), presidente ejecutivo de la Corporación Turismo Cartagena de Indias, la ciudad “sigue posicionándose como el destino preferido por los turistas nacionales e internacionales”.

Las cifras que se reportaron del balance general de Cartagena para el año 2009 en materia de turismo son muy positivas y gratificantes

**Tabla 1: BALANCE GENERAL DE CARTAGENA DE INDIAS 2009**

Fuente	Turistas
Sociedad Aeroportuaria de la Costa (SACSA)	825.630
Sociedad Portuaria de Cartagena (SPRC)	398.544
Terminal de Transportes Cartagena	439.380
Muelle Turístico La Bodeguita	325.000

Fuente: (MEDINA, 2010)

Teniendo en cuenta estas cifras (BALANCE GENERAL DE CARTAGENA DE INDIAS 2009) se considera trascendental, tomarlas como punto de partida más y posicionar a Cartagena de Indias como un destino turístico de alto nivel en la escala mundial dentro de este mundo globalizado, en el que las tecnologías permiten derrumbar las barreras de la distancia entre países ofreciendo servicios que permiten a los usuarios unirse geográficamente casi en tiempo real. Como muestra de lo anterior se puede observar que en la actualidad es posible planificar unas vacaciones por internet. Según Mite Nishio (NISHIO, 1998), la época de buscar en las agencias de viajes y de preguntarles a los conocidos como es tal ciudad o país, está rápidamente desapareciendo. Ya se puede “visitar” de



antemano los lugares que interesen antes de tomar la decisión de viajar. A través de variados recursos disponibles en Internet cada día más gente planifica sus vacaciones y viajes. Esta modalidad se conoce como "Turismo Virtual" y ha revolucionado la industria turística, eliminando intermediarios y reduciendo costos de publicidad. Todo lo anterior se traduce en ventajas económicas para los turistas, quienes pueden obtener mejores ofertas directamente en su hogar. En la ciudad los métodos convencionales para la promoción de la actividad turística se centran en el acompañamiento por parte de un guía turístico para los visitantes; además, se tiene conocimiento de un sistema de audio-guía asistida para los visitantes a ciertos atractivos turísticos de la ciudad en varios idiomas, en esta modalidad se le proporciona a los turistas unos audífonos y un receptor para escuchar lo concerniente al lugar en que se encuentran. Igualmente se cuentan con portales web oficiales y no oficiales que promocionan la ciudad como destino turístico y ofrecen información, e incluso tours para viajeros.

Se tiene como un ejemplo (MARTINEZ & MUÑOZ) de aplicación de la realidad aumentada en el ámbito turístico cultural el proyecto desarrollado por la Universidad Rey Juan Carlos en Madrid España, donde se tomó la iglesia de Santa María de Cambre para realizar los bocetos y el modelo de realidad aumentada de la misma, con el fin de proporcionar información más completa a los visitantes y de forma atractiva complementándolo con imágenes, textos y animaciones.

El desarrollo de un sistema de realidad aumentada en los atractivos turísticos de la Ciudad de Cartagena de Indias, abonará la conservación de la memoria histórica de los atractivos turísticos de la ciudad, además, motivará las visitas turísticas, mostrará la información concerniente a los principales atractivos de forma animada y desde otra perspectiva, al mismo tiempo que se diseñarán nuevos usos para la tecnología que se plantea e impulsará la investigación de nuevos campos tecnológicos.

Como se ha mencionado, la actividad turística presenta grandes cifras de contribuyentes que arriban a la Ciudad por diferentes vías, lo cual demuestra que el turismo es una gran actividad económica para Cartagena. Con la realización de este proyecto se espera contribuir como estrategia de mercadeo en la ciudad al hacerla más llamativa a los turistas, lo cual aumentaría el flujo de éstos y por ende el intercambio comercial en la ciudad.

#### **1.4 Importancia Del Estudio**

Ronald T Azuma (RONALD T, 1997) define la realidad aumentada como la variación de los entornos virtuales, donde el usuario puede ver el mundo real y

superponer objetos virtuales o mezclarlos con objetos reales, por tanto complementa a la realidad en vez de reemplazarla. Esta tecnología resulta interesante y ventajosa porque mejora la percepción del usuario con la interacción del mundo real. Así los objetos virtuales permiten mostrar información que el usuario no puede detectar directamente con sus propios sentidos.

### **1.5 Contexto de la Investigación**

La investigación se realizó en la ciudad de Cartagena tomando como objetos de estudio determinados atractivos turísticos de centro histórico ella. Para realizar la investigación primero se hizo una documentación sobre el tema, sobre las tecnologías usadas, la importancia de los atractivos turísticos en la ciudad. Posterior se desarrollaron los modelos de visualización con las tecnologías seleccionadas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Desarrollar un sistema basado en realidad aumentada que permita conservar la memoria histórica de los atractivos turísticos de la ciudad de Cartagena de Indias, desarrollando los modelos correspondientes y digitalizando la información para tal fin.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Crear el inventario de los Atractivos Turísticos de la Ciudad de Cartagena de Indias en pro de conservar la memoria histórica de la ciudad.
- Diseñar la estructura de la base de datos y almacenar la información concerniente a los atractivos turísticos del centro histórico de la ciudad objetos de estudio del proyecto en un portal web.
- Seleccionar la tecnología idónea para la realización del proyecto, después de haber realizado un estudio comparativo de las tecnologías existentes necesarias para la implementación de realidad aumentada en dispositivos móviles.
- Desarrollar los modelos de visualización de los atractivos turísticos seleccionados por medio de realidad aumentada.
- Realizar pruebas de los modelos funcionales desarrollados en los atractivos turísticos seleccionados.

### **3. ALCANCE DEL PROYECTO**

El desarrollo de un sistema de realidad aumentada para los atractivos turísticos del centro histórico de la Ciudad de Cartagena de Indias abarcará los siguientes procesos principales:

- Selección y recolección de información histórica, arquitectónica, religiosa y cultural de los atractivos turísticos a “aumentar”.
- Desarrollo del contenido multimedia de los atractivos seleccionados
- Estudio y selección de la tecnología adecuada para desarrollar el sistema de realidad aumentada.
- Desarrollo del sistema que en combinación con los dispositivos tecnológicos, trabajará con la información recolectada para ofrecer el servicio deseado.

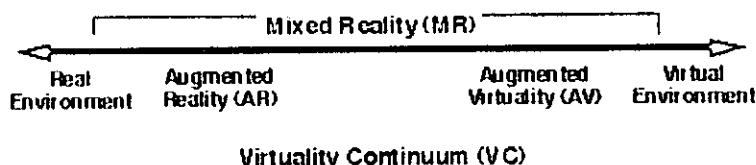
## 4. MARCO TEÓRICO I

La realidad aumentada es una tecnología novedosa que surge a partir de la realidad virtual. Aunque es una tecnología reciente, su utilización es bastante extendida y se pueden encontrar aplicaciones en diversos campos que serán explicados en un capítulo posterior. En la bibliografía existen diferentes definiciones para realidad aumentada, por tanto se ha procurado unificar dichos conceptos y criterios para mostrar de forma clara la definición utilizada en esta tesis. Se procede a mostrar dichas definiciones y conceptos.

### 4.1 Realidad mezclada y el continuo de Milgram

El concepto de realidad mezclada (RM, mixed reality) fue definido por primera vez por Paul Milgram y Fumio Kishino (Milgram & Kishino, 1994) a partir del continuo realidad-virtualidad, comúnmente conocido como *continuo de Milgram* (ver ilustración 1). Según este continuo, dependiendo de la cantidad de entorno generado por ordenador, se puede establecer una clasificación que va desde el entorno completamente real al completamente virtual, pasando por los estados intermedios de realidad aumentada (RA) y virtualidad aumentada (VA). La tecnología de RM engloba a la RA y la VA. La diferencia entre estas dos últimas tecnologías radica en la cantidad de entorno sintético (o contenido generado por ordenador) frente a la cantidad de entorno real. De esta forma la realidad real, valga la redundancia, es aquella que contiene un 0% de contenidos generados por ordenador, mientras que en la realidad aumentada llega hasta el 50% de contenidos generados. La virtualidad aumentada parte de allí hasta el 95% de contenido sintético y finalmente la realidad virtual es aquella en donde el 100% de los contenidos son generados por ordenador.

Ilustración 1: Continuo de Milgram



Fuente: (Milgram & Kishino, 1994)

**Tabla 2: Continuo de Milgram con distribución porcentual de los contenidos**

entorno real	realidad mezclada		entorno virtual
	realidad aumentada	virtualidad aumentada	
0 % contenidos generados por ordenados	0%-50% contenidos generados por ordenador	50%-95% contenidos generados por ordenador	95%-100% contenidos generados por ordenados

Fuente: (Milgram & Kishino, 1994)

## 4.2 Realidad virtual

De acuerdo con (Roehl, 1996) la Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente. La realidad virtual es una simulación en 3 dimensiones que proporciona información de visión, sonido y demás para hacer sentir al usuario que se encuentra en cierto lugar. Para ello es necesario además de un computador ciertos dispositivos hardware destinados al 3D como dispositivos para estimulación de los sentidos, dispositivos visuales, auditivos, HMD (*Head Mounted display*), tarjetas aceleradoras gráficas, sistemas de localización y seguimiento, guantes sensitivos o bastones entre otros. El autor (Escartin, 2000) y los autores (Ramos Nava, Cervantes Cabrera, Larios Delgado, & Leriche Vázquez, 2007) explican que la realidad virtual en modo *immersivo* son espacios tridimensionales reales o imaginarios generados por computadora donde el usuario puede interactuar produciendo la sensación de estar dentro, la cual es generada al integrar varios elementos como varias imágenes de alta calidad por segundo, desplegadas en un área de amplio grado de visión del usuario. Por otro lado se encuentra la realidad virtual en modo *no immersivo* que carece de sensación de presencia, que posee interactividad y fácil acceso desde páginas web permitiendo la comunicación ente varios usuarios que comparten un espacio común.

Para visualizar la realidad virtual se cuentan con objetos virtuales en 2D / 3D y dispositivos correspondientes para su funcionamiento. Los objetos virtuales pueden ser imágenes en 2D como imágenes de sección transversal, las imágenes en 3D abarcan los volúmenes, superficies y sólidos. Para los dispositivos de visualización de imágenes en 2D se cuenta con ventanas de objetos de pantalla, papeles virtuales, los dispositivos para imágenes en 3D incluyen los dispositivos virtuales con percepción de profundidad y volúmenes de objetos en 3D estructurados. (Hainich, 2009)

### 4.3 Virtualidad aumentada

Según (Zlatanova, 2001), la virtualidad aumentada (VA, Augmented virtuality) define un entorno principalmente virtual, el cual puede ser aumentado mediante la inclusión de vídeos o texturas del mundo real. En el primer caso, el vídeo puede ser pregrabado o en tiempo real. En el segundo caso, las texturas pueden corresponderse con las que los objetos virtuales (si son modelos de objetos reales) tienen en la realidad, lo que generalmente se conoce como modelos foto-realistas.

Para hacerse a una mejor idea de ello, es necesario tomar como referencia la tabla de *Continuo de Milgram con distribución porcentual de los contenidos*. La transición entre un mundo puramente virtual y la virtualidad aumentada, o entre la virtualidad aumentada y la realidad aumentada puede ser muy sutil, dándose el caso de que algunas aplicaciones rocen el límite entre una categoría u otra. Es decir, ¿qué cantidad de virtualidad y/o realidad debe aparecer en una aplicación para ser considerada como virtualidad aumentada? En términos generales podemos decir que en un entorno virtual en el que no existe ningún enlace (generalmente visual) con el mundo real, es un entorno de realidad virtual. Si el entorno creado es esencialmente virtual pero existe alguna representación (como una imagen o vídeo) del mundo real, se hablaría de virtualidad aumentada, si el entorno es principalmente real y existen algunos elementos virtuales, se hace referencia a la realidad aumentada, la cual se define en un apartado posterior.

### 4.4 Computación ubicua

De acuerdo con (Krumm) la computación ubicua es la tercera era de la computación moderna que se caracteriza por la inclusión de pequeñas redes de productos computacionales portables como smart phones, PDA's y ordenadores integrados, dando como resultado el mundo tecnológico actual donde cada persona posee y usa muchos de estos dispositivos. El modo de interacción con esta computación puede ser implícito, invisible o por medio de interacciones naturales como el habla, los gestos, o movimientos así se incluye una amplia gama de sensores incorporados en los dispositivos y en el medio ambiente. Pueden usarse también dispositivos de localización, cámaras, y visores en 3D, acelerómetros para detectar el lugar en donde se encuentra un usuario y deducir lo que se está haciendo, proporcionando la información pertinente en una ubicación específica.

La computación ubicua sienta sus bases además en lo que se conoce como *sistemas distribuidos y computación móvil*. Los primeros se especifican como una colección de computadores separados físicamente y conectados entre sí por una red de comunicaciones que trabajan en común para resolver problemas de alta complejidad. La computación ubicua recoge de los sistemas distribuidos las

características de Comunicación remota, Tolerancia a fallos, Alta accesibilidad, Acceso a información remota y Seguridad.

Por otra parte, la computación móvil surge por la necesidad de integrar a los sistemas distribuidos, clientes móviles los cuales suelen estar conectados a la red ya sea por radio o satélite. Algunos de los conceptos asociados a este paradigma son: Sistemas de redes móviles, Acceso de información móvil, Soporte para aplicaciones adaptativas, Técnicas de ahorro de energía y Sensibilidad respecto de la localización.



## 5. MARCO TEÓRICO II- REALIDAD AUMENTADA

### 5.1 Definición

La realidad aumentada abarca un conjunto de dispositivos que potencian las capacidades de nuestros sentidos, que sobreimprimen objetos virtuales gráficos sobre la realidad en tiempo real. Se diferencia de la realidad virtual en que mientras esta pretende reemplazar al mundo real, la Realidad Aumentada lo que hace es complementarla.(Martínez, 2006).

Según Azuma(Azuma, 1997), la Realidad Aumentada es un entorno que incluye elementos de Realidad Virtual y elementos del mundo real. Por ejemplo, un usuario de Realidad Aumentada puede llevar gafas translúcidas, a través de las cuáles puede ver el mundo, así como imágenes generadas por ordenador que se proyectan encima de ese mundo. Siguiendo esta definición, un sistema de Realidad Aumentada es aquel que: combina mundo real con mundo virtual, interactúa en tiempo real y se registra en 3 dimensiones. Además de esto, se necesitará un medio de capturar la imagen del mundo real (una cámara de video o una cámara web), una máquina capaz de crear imágenes sintéticas, y de procesar la imagen real añadiendo esta información (un procesador y software específico para esto) y un medio de proyectar la imagen final, por ejemplo una pantalla. (Seldon, 2008).

Definiciones más recientes extienden el concepto de RA, abriendo el campo a otros dispositivos y a contenidos multimedia no necesariamente visuales, por lo que surgen nuevas posibilidades. De estas se cuenta con (Bimber & Raskar, 2005) donde no se da una definición formal de lo que es RA, sino que se deja a disposición del lector, quien después de haber leído el libro, deberá reflexionar sobre la cuestión. Sin embargo, sí se hace una comparativa con los sistemas de RV, diciendo que, en contraposición a estos, "en los sistemas de RA el entorno real no se suprime por completo, sino que juega un papel fundamental ya que, en lugar de someter a los usuarios en una inmersión dentro de un mundo puramente sintético, la RA intenta adherir suplementos sintéticos al mundo real". Subraya además, que existe un fuerte vínculo entre ambos mundos (real y virtual) establecido principalmente mediante una relación espacial. Con esta definición se está más próximo a lo que en la actualidad se conoce como realidad aumentada, pues se considera un terreno más amplio sin restringir la tecnología de realidad aumentada a los sistemas que utilizan dispositivos HMD o son puramente visuales. También aporta un dato fundamental como lo es la relación espacial que se establece entre el entorno real y el mundo virtual generados por ordenador. Este hecho implica directamente la necesidad de que exista algún tipo de

sensor(es) que establezca(n) dicha relación. En la realidad virtual el objetivo es la visualización de suficientes polígonos, para que el entorno sea creíble, mientras que en la realidad aumentada el reto consiste en producir sistemas independientes, portables, y que sean capaces de registrar y/o ubicar de forma precisa el entorno virtual en el entorno real, allí se encuentra otra diferencia.

## 5.2 Características de la Realidad Aumentada

Después de suministrada la definición de realidad aumentada es necesario dar a conocer características generales que la distingan de otras tecnologías cercanas. Tomando como base a Azuma (Azuma, 1997) nuevamente las 3 características contenidas simultáneamente en estos sistemas son:

- mezclar lo real con lo virtual
- proporcionar interacción en tiempo real.
- registro en 3D.

Otras características proporcionadas por (Portales Ricart, 2008) son las habilidades potenciales que se contemplan en los siguientes aspectos:

- Permitir la comunicación entre los usuarios de manera natural, con un contacto visual directo, y observando los objetos virtuales sin excluir la imagen del entorno real.
- Poseer la habilidad de ampliar la realidad al añadir elementos como imágenes, modelos en 3D, sonidos, eliminar elementos del entorno real por medio de mascarar que oculten objetos físicos.
- Permitir que los elementos generados por computadora se puedan distribuir espacialmente conforme al entorno físico de manera interactiva.
- Permitir una relación íntima entre los objetos virtuales y el entorno físico, ya que los primeros se pueden aumentar mediante elementos generados por computador, superponiéndolos y siendo accesibles para todo público.

## 5.3 Clasificación de los sistemas de Realidad Aumentada

Retomando lo dicho por Portales (Portales Ricart, 2008) y debido a que no existe una clasificación única para estos sistemas, se atienden a los siguientes criterios para clasificarlos:

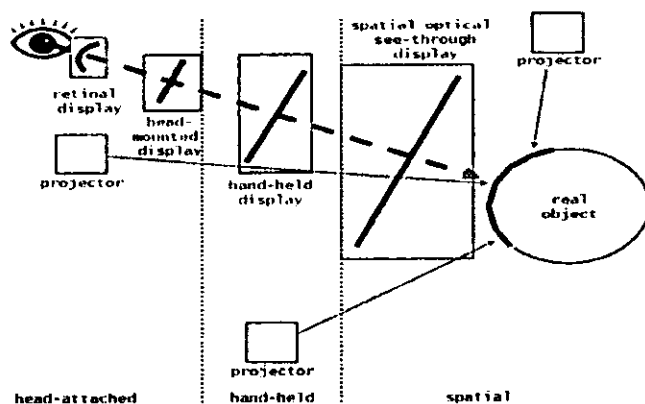
- Según el entorno físico para el desarrollo de la aplicación pueden ser *abiertos* o *cerrados*. Los primeros pueden emplear GPS, PDA's o HMD para los displays. Para los sistemas cerrados los dispositivos de display son más variados.

- Según la extensión que abarquen pueden ser *locales* o *ubicuos*. Los locales se desarrollan en espacios abiertos o cerrados. Los ubicuos tienen una extensión amplia, proporcionando la sensación al usuario de que vaya a donde vaya seguirá inmerso en la aplicación.
- Según la movilidad de los dispositivos pueden ser *móviles* o *espaciales*. Para los sistemas móviles el usuario lleva consigo los dispositivos de registro, el display, computador o PDA para gestionar la aplicación. Para los sistemas espaciales, los dispositivos de registro y display se encuentran fijos en el entorno.
- Según el número de usuarios pueden ser *individuales* o *colaborativos*. Para el sistema individual existe la posibilidad de interacción con un usuario y para el colaborativo existe la posibilidad de participación de mínimo 2 usuarios de forma simultánea.
- Según el tipo de colaboración pueden ser *presenciales* o *remotos*. Los sistemas presenciales cuentan con la presencia y colaboración física de los usuarios en el mismo entorno. En los sistemas remotos la colaboración se realiza a través de la red.

### 5.4 Visualizadores de Realidad Aumentada

Los visualizadores de realidad aumentada son sistemas de imágenes formados que usan un conjunto de componentes ópticos, electrónicos y mecánicos para generar imágenes entre los ojos del usuario y el objeto físico a aumentar. Dependiendo de la óptica usada la imagen se puede formar en un plano o sobre una superficie más compleja (Bimber & Raskar, 2005). La ilustración 2 muestra los espacios donde se puede formar la imagen aumentada entre el ojo del usuario y el objeto real, dependiendo del dispositivo usado, sea de cabeza o de mano.

Ilustración 2: Visualización de realidad aumentada



Fuente: (Bimber & Raskar, 2005). Capitulo 3.

Los visualizadores conectados a la cabeza incluyen lentes de contacto para la retina, HMD, y los proyectores que deben ser usados directamente por el observador. Los dispositivos de cabeza producen imágenes curvas sea en la misma retina del observador o sobre el objeto físico mientras que los de pantalla en mano producen imágenes planas.

#### 5.4.1 Visualizadores usados sobre la cabeza (HAD).

También llamados *Head-Attached Displays*, corresponden a la parte izquierda de la ilustración **Visualización de realidad aumentada** y abarca los visualizadores de retina (*Retinal Displays*), los visualizadores montados en la cabeza o comúnmente llamados HMD, y los proyectores montados en la cabeza (*Head-Mounted Projectors*).

*Retinal Displays*: Son dispositivos que usan láser de baja potencia para explorar la luz modulada directamente sobre el ojo humano en vez de pantallas frente a los ojos. Como ventajas se cuenta que producen una imagen mucho más brillante y de alta resolución con un campo potencial de visión más amplio que los basados en pantalla y tienen un bajo consumo de energía. Como desventaja se tiene que las imágenes se presentan en color monocromático (rojo) y no cuenta con visión estereoscópica.

*Head-Mounted Displays (HMD)*: Los visualizadores montados en la cabeza son actualmente los dispositivos más usados para aplicaciones de realidad aumentada. Existen 2 formas para superponer los objetos virtuales sobre los reales con ellos. La primera es mostrar videos a través de los HMD que hacen uso de videos mixtos e imágenes fusionadas dentro del dispositivo cerrado. La segunda es una visión óptica a través de los HMD que usan combinadores ópticos como espejos semi- plateado o pantallas transparentes LCD.

Ilustración 3: Persona usando HMD



*Head-Mounted Projectors*: Los proyectores montados sobre la cabeza (HMPDs) cuentan con un conjunto de espejos que relejan un haz de luz y no muestran las imágenes sobre pantallas en miniatura sino sobre una superficie más grande, ofreciendo un campo de visión mayor sin necesidad de lentes adicionales.

### 5.4.2 Visualizadores de pantalla en mano

Conocidos también como *hand-held displays*, corresponden a la parte central de la ilustración **Visualización de realidad aumentada** y abarcan PDAs, tablas, celulares, asistentes personales de bolsillo que generan imágenes al alcance del usuario. Para este enfoque se utilizan la visión de video, donde la cámara integrada del dispositivo captura un flujo de video en directo del medio ambiente donde se colocara el objeto virtual posteriormente. La principal ventaja de estos visualizadores es la portabilidad y gran uso por parte de los consumidores, presentando una alternativa real a los dispositivos antes explicados. Como desventajas se presentan primero el gran consumo de memoria y procesador al momento de analizar la imagen y los componentes y segundo el tamaño de la pantalla de estos dispositivos que es más pequeño que el de otros visualizadores, por tanto restringe el ámbito de visión.

### 5.4.3 Pantallas espaciales

Corresponden a la parte derecha de la ilustración (2) y su labor es separar la mayor parte de la tecnología para el usuario e integrar esto con en medio ambiente. Para ello se cuentan con 3 enfoques que permiten diferenciar la forma de aumentar el entorno y son: uso de un video, uso de la visión óptica y el aumento directo.

- Pantallas basadas en dispositivo de visión de video: Son sistemas que hacen una fusión de videos e imágenes para mostrarse en un monitor normal. En este caso el campo de visión es limitado y restringido en el monitor.
- Espacios ópticos para ver a través de visualizadores: generan imágenes que se alinean dentro de un entorno físico generando combinaciones planas, curvas, escenas transparentes u hologramas ópticos. Como ventaja presenta una acomodación más fácil del ojo y la convergencia, mayor resolución y escalabilidad y un ambiente más controlable.

## 5.5 Fundamentos Matemáticos

La realidad aumentada al permitir un registro tridimensional hace que el mundo real y el virtual queden espacialmente alineados. Para que esto sea posible es necesario conocer las transformaciones espaciales que relacionan los sistemas de referencia y coordenadas que intervienen.

### 5.5.1 Sistemas de coordenadas

De acuerdo con Lerma (Lerma Garcia, 2002) un sistema de coordenadas es un conjunto de valores que definen inequívocamente la posición de cualquier punto de un espacio euclidiano. Normalmente los sistemas de coordenadas son ortogonales y se diferencian en:

1. **Sistema De Coordenadas Imagen o Sistema Espacial De Coordenadas Imagen:** es un sistema ortogonal, centrado en el punto principal de la imagen y teóricamente exento de errores sistemáticos, como por ejemplo los producidos por la distorsión de la lente. Así, la posición de un punto en la imagen viene definida por sus coordenadas bidimensionales. El sistema espacial de coordenadas imagen se utiliza para definir la posición de un punto de la imagen en el espacio.
2. **Sistema De Coordenadas Terreno/Objeto:** permite definir la posición espacial de puntos pertenecientes a la superficie terrestre o a cualquier otra superficie. Puede ser:
  - a. Terrestre: sistemas de coordenadas fijos o anclados al terreno, y se pueden ser: *Sistema global* cuando se toma en consideración la Tierra y por lo tanto el sistema de coordenadas viene dado de antemano y *Sistema local* cuando se toma en consideración una pequeña proporción terrestre, como por ejemplo un salón, y el sistema de coordenadas se establece de arbitrariamente.
  - b. Centrado en objetos: Son sistemas de coordenadas situados en objetos, y por lo tanto no dependen del entorno en que esté situado dicho objeto. El objeto puede permanecer estático o estar en movimiento con respecto a la cámara, y se pueden dar distintos casos en aplicaciones de RA como: hacer que permanezcan estáticos tanto el objeto y la cámara, hacer que la cámara se encuentre fija y el objeto en movimiento, hacer que la cámara se encuentre en movimiento y el objeto fijo o que tanto el objeto como la cámara estén en movimiento.

En los sistemas centrados en objetos, el contar con mas independencia del entorno físico puede suponer una gran ventaja en comparación con los sistemas terrestres que implican una transformación adicional, es decir, la orientación externa de la cámara y del objeto deben conocerse en el sistema terrestre para posteriormente obtener la orientación externa relativa cámara-objeto, necesaria para la construcción del entorno aumentado. Por otra parte, los sistemas terrestres son apropiados para muchas aplicaciones. La principal característica o ventaja es la posibilidad de abarcar grandes extensiones de terreno, por lo que son idóneos para aplicaciones abiertas. En este sentido, el registro en los sistemas de

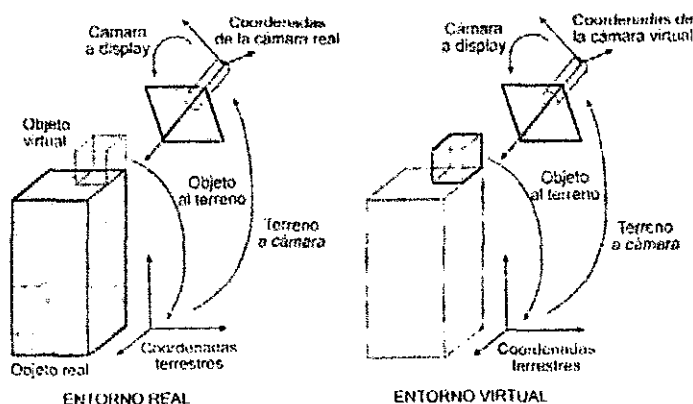
referencia terrestres locales o centrados en objetos suelen estar limitados al entorno de los objetos y/o al entorno visto por la cámara, siendo más utilizados en aplicaciones dentro de recintos.(Portales Ricart, 2008)

### 5.5.2 Relación espacial entre el entorno virtual y el real

Para las aplicaciones de Realidad Aumentada es necesario que las imágenes virtuales concuerden con el entorno del mundo real, por tanto, es necesario obtener información del mundo real para realizar la calibración correcta y tener en cuenta varios sistemas de referencia.

De acuerdo con Portales (Portales Ricart, 2008) pág. 115, un punto situado sobre el área de trabajo se proyecta sobre la pantalla virtual. Los objetos del entorno real se pueden definir a partir de un sistema de coordenadas terrestre y los objetos del entorno virtual se definen a partir del mismo sistema de coordenada para así acoplarlas.

Ilustración 4: Sistema de coordenadas para entorno real/virtual



Fuente: (Portales Ricart, 2008) pág. 115

### 5.5.3 Renderización en los sistemas de RA

Para lograr la unión del mundo real con el virtual la fusión debe ser creíble, estableciendo una lógica visual de modo que el entorno 3D actúa como una figura sin fondo al sustituir esos datos de la imagen por los de la entrada de vídeo. Es necesario también que el entorno virtual conserve una perspectiva, oclusión y sombreado de acuerdo al entorno real.

Perspectiva: Una correcta perspectiva se consigue haciendo que la imagen de la escena del mundo virtual coincida geoméricamente con la de la escena del

mundo real, por lo que el correcto registro de la cámara (cálculo de la orientación externa) en tiempo real es decisivo.

**Oclusión:** La oclusión puede presentarse en 2 casos. Primero que los objetos virtuales oculten total o parcialmente los objetos del entorno real y en segundo lugar que los objetos reales oculten total o parcialmente objetos virtuales. En el primer caso no hay problema ya que la imagen del mundo virtual aparece siempre en un primer plano. El segundo caso debe ser tratado de forma especial ya que deben determinarse las partes de los objetos virtuales que no deben ser renderizados. (Portales Ricart, 2008). Para ello se usan 2 metodologías:

**Método basado en modelos:** Consiste en realizar modelos tridimensionales de los objetos físicos que aparecen en la escena, y situarlos espacialmente en el mundo virtual de acuerdo con la perspectiva de la cámara de tal forma que en la imagen obtenida por la cámara en tiempo real los objetos físicos y sus homólogos virtuales coincidan.

**Método basado en profundidad:** Consiste en utilizar un mapa de profundidad del entorno real para producir oclusiones. El mapa de profundidad se puede convertir en un mosaico y subdividirse para crear una superficie poligonal. El modelo poligonal representa las superficies combinadas de los objetos físicos vistos desde la cámara.

**Sombreado:** En el entorno virtual deben utilizarse las mismas condiciones de luminosidad que las del entorno real pero, además, deben determinarse en qué medida los objetos virtuales afectan la iluminación presente en la escena y considerarse los reflejos y sombras que los objetos virtuales causan sobre los reales. Para ello se tienen en cuenta 3 metodologías que son:

**Metodología de iluminación común:** pertenecen a esta categoría aquellos métodos que proporcionan un cierto nivel de iluminación compuesta como es la adición de sombras proyectadas desde los objetos reales sobre los virtuales, o viceversa. Se pueden considerar dos tipos de iluminación: local y global. En la local no se requiere de ninguna información sobre la BRDF (Bidirectional Reflectance Distribution Function).

**Metodología de re-iluminación:** permite cambiar las condiciones de luminosidad de la escena en dos pasos. En primer lugar, los efectos lumínicos existentes de la escena real se analizan y, si es posible, se eliminan. En segundo lugar, se generan nuevos efectos de iluminación como sombras, cambios de intensidad, etc. basándose en un nuevo patrón de iluminación.

**Métodos basados en la iluminación inversa:** Estos métodos tratan de recobrar propiedades fotométricas de todos los objetos de la escena. Se estiman los

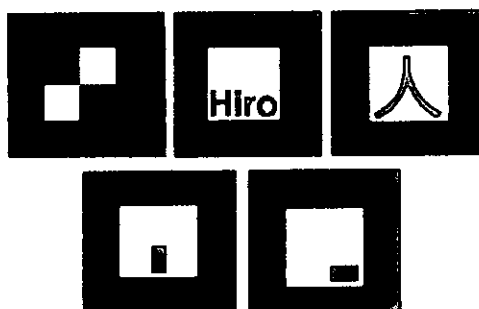


valores de la BRFD de manera tan precisa como sea posible, así como las propiedades y localizaciones de focos de luz en la escena real.

## 5.6 Marcadores para realidad aumentada

Al momento de desarrollar realidad aumentada se debe encontrar la manera de detectar la posición del usuario para saber cuál es la imagen a mostrar y la forma correcta. De acuerdo a la aplicación a desarrollar, existen marcadores PattCalib, PattHiro, PattKanji, PattSample1, PattSample2 y los códigos QR. Los marcadores tipo *patt* constan de un borde negro con un ancho determinado. Para que estos patrones sean registrados, el software destinado a realizar las marcas detecta las esquinas con un algoritmo de estimación de los parámetros de orientación externa de la cámara o matriz de transformación. En primer lugar la imagen original se transforma en una imagen binaria (blanca y negra) basada en un valor umbral, a continuación se buscan las regiones cuadradas. Para cada cuadrado, se registra el patrón definido en su interior, y se compara con los patrones que se han definido previamente y que el programa tiene guardados en memoria. Si se encuentra una correspondencia (match), significa que el programa ha encontrado una de las marcas. Entonces el programa utiliza el cuadrado, cuyas dimensiones (tamaño de los lados) y orientación (a partir de los patrones) son conocidas, para calcular la matriz de transformación de la cámara con respecto a la marca. Esta matriz se utiliza para definir la cámara virtual en el sistema de coordenadas. De este modo, ambos sistemas de coordenadas (real y virtual) se hacen coincidir para que los objetos virtuales se dibujen en su posición correcta respecto a los objetos del entorno real (Portales Ricart, 2008) La figura siguiente muestra la representación de los patrones antes mencionados en el mismo orden, a recordar PattCalib, PattHiro, PattKanji, PattSample1 y PattSample2.

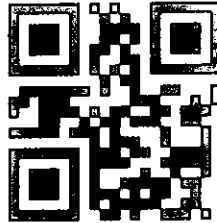
Ilustración 5: Marcadores



De acuerdo con los creadores del código QR (Denso Wave), una simbología en 2 dimensiones publicada en 1994 con el fin de ser un símbolo fácil de interpretar por el escáner. Otros autores como (Huidobro Moya, 2009) muestran que estos códigos son un sistema para almacenar información en una matriz de puntos o

código de barras en 2 dimensiones para representarse de forma impresa o en pantalla. La diferencia de un código de barras con un código QR es que el último contiene información en forma horizontal y vertical, mientras que el primero contiene información en una dirección. Adicional a esto la capacidad de almacenamiento del código QR es de 7089 caracteres numéricos, 4296 caracteres para datos alfanuméricos, 2953 bytes de binarios y 1817 caracteres para los símbolos japoneses Kanji /Kana. Existen diversas aplicaciones para generar QR, entre estas se encuentran KAYWA (Kaywa, 2007) que es una web donde se pueden realizar codificaciones de cualquier texto y generar la imagen en diferentes tamaños.

Ilustración 6: Código QR



## 6. REALIDAD AUMENTADA EN DISPOSITIVOS MÓVILES

En sus inicios para crear realidad aumentada se hacía necesario tener a disposición algunos dispositivos que no se encontraban acoplados o eran de mucha robustez, se trata de algunos proyectos con un laptop en un morral, un viso-casco (Head Mounted Display) y un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) que se explicarán en la sección *estado del arte*. Dentro de la evolución misma de la tecnología, se comenzó a utilizar la cámara web de los pc's y la pantalla como salida para la información aumentada. Para sacarle la mayor utilidad y funcionamiento a esta tecnología es necesaria la posibilidad de desplazarse cómodamente y tenerla a disposición en cualquier lugar. Esto es precisamente lo que tiene a su favor la Realidad Aumentada implementada en dispositivos móviles, mejoras progresivas, movilidad y conectividad. En esta sección se analizan las bases de los dispositivos móviles como celulares y la implementación de realidad aumentada en ellos.

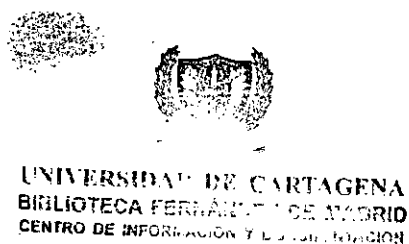
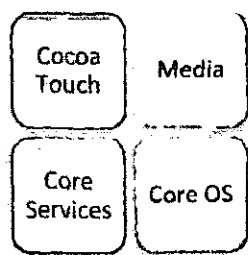
### 6.1 Sistemas Operativos móviles

Los sistemas operativos móviles permiten la interacción entre el dispositivo, el usuario y la aplicación a ejecutar. Se caracterizan por ser más simples y livianos que los sistemas operativos para computadoras. Los sistemas operativos más comunes en el mercado de móviles son iPhone OS, Windows Mobile, BlackBerry OS, Symbian y Android.

#### 6.1.1 iPhone OS

Actualmente es denominado iOS y es un sistema operativo móvil de la compañía Apple (Wikipedia, 2011). Cuenta con 4 capas de abstracción a saber

Ilustración 7: Capas de iPhone OS



62646

**COCOA TOUCH:** capa que contiene los framework fundamentales para la construcción de aplicaciones iPhone OS. En esta capa se cuenta con la infraestructura necesaria para implementar interfaz visual de aplicaciones y la interacción con los servicios de alto nivel.

**MEDIA:** capa que contiene los recursos tecnológicos para los gráficos, audio y video. Permite el diseño y desarrollo de aplicaciones de alta calidad.

**CORE SERVICES:** capa que provee los servicios del sistema fundamentales que todas las aplicaciones usan y que muchas partes del sistema son construidas sobre esta.

**CORE OS:** capa que proporciona las características de bajo nivel que la mayoría de otras tecnologías requiere las cuales pueden ser usadas por otras capas. Esta capa es utilizada en el proceso de comunicación con accesorios de hardware externo y el establecimiento de seguridad a bajo nivel (ARTINCELL)

En el campo de realidad aumentada se han desarrollado algunas aplicaciones como:

- iHUD: convierte la pantalla del iPhone en una pantalla de visualización con un sencillo horizonte en movimiento. Utiliza el acelerómetro y GPS integrados en el iPhone 3GS, permitiendo mostrar la dirección de movimiento, junto a la velocidad y altitud.
- Yelp: Usa el GPS del iPhone para proporcionar información sobre el entorno donde se encuentre el usuario. Incluye una prestación de Realidad Aumentada, llamada "Monocle" o Monóculo que solo funciona en el iPhone 3GS. La aplicación activa la cámara del iPhone y muestra aquello a lo que la cámara esté apuntando en tiempo real. Sobre esta imagen, superpondrá pequeños iconos describiendo los locales que se estén viendo y que se encuentren en la base de datos de Yelp.
- Layar Reality Browser: aplicación que permite especificar sitios como restaurantes, lugares turísticos, etc. La aplicación muestra una imagen en tiempo real de lo que se está viendo y "capas" de información sobre la imagen vista.
- Pocket Universe: Guía astronómica con un modo de "cielo virtual" que aprovecha el receptor GPS y la brújula del iPhone 3GS, para mostrar una representación 3-D de la zona del cielo a la que se apunta con la cámara. La vista, resalta la posición de la Luna, planetas, estrellas y constelaciones a la vez que muestra información sobre ellas. (iPhone world)

### **6.1.2 Windows Mobile**

Actualmente llamado Windows Phone es un sistema operativo móvil diseñado para su uso en teléfonos inteligentes (*Smartphones*) y otros dispositivos móviles. Se basa en el núcleo del sistema operativo Windows CE y cuenta con un conjunto de aplicaciones básicas utilizando las API de Microsoft Windows. Está diseñado para ser similar a las versiones de escritorio de Windows estéticamente (Wikipedia, 2011).

Una de las aplicaciones de realidad aumentada en este sistema operativo es MPASS World Cities para SAMGUNG OMNIA 2, que presenta direcciones de diferentes ciudades junto con la información sobre sus respectivos países y distancias.

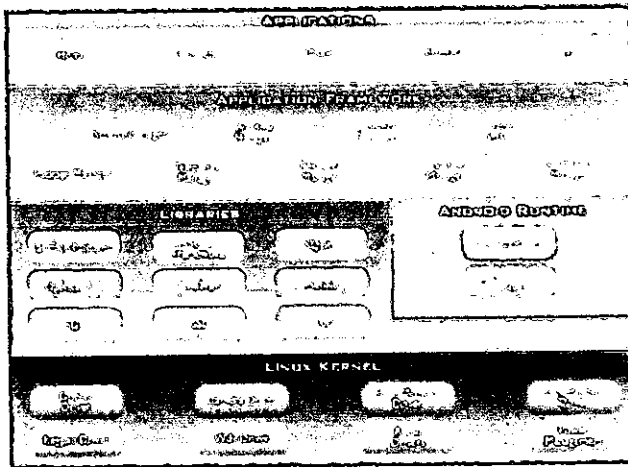
### **6.1.3 BlackBerry OS**

Sistema operativo móvil desarrollado por Research In Motion para sus dispositivos BlackBerry. El sistema permite multitarea y tiene soporte para diferentes métodos de entrada adoptados por RIM para su uso en computadoras de mano, particularmente trackwheel, trackball, touchpad y pantallas táctiles. Este sistema operativo se encuentra orientado a uso profesional como gestor de correo electrónico y agenda (Wikipedia, 2011). Es un sistema operativo orientado principalmente al entorno empresarial que soporta el perfil MIDP 1.0 para desarrollo de aplicaciones Java para dispositivos móviles, además de parte de MIDP 2.0 desde la versión 4.

### **6.1.4 Android OS**

Sistema operativo móvil basado en Linux para dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tablas. La estructura del sistema operativo Android se compone de aplicaciones que se ejecutan en un framework Java de aplicaciones orientadas a objetos sobre el núcleo de las bibliotecas de Java en una máquina virtual Dalvik con compilación en tiempo de ejecución. Las bibliotecas escritas en lenguaje C incluyen un administrador de interfaz gráfica (surface manager), un framework OpenCore, una base de datos relacional SQLite, una API gráfica OpenGL ES 2.0 3D, un motor de renderizado WebKit, un motor gráfico SGL, SSL y una biblioteca estándar de C Bionic. El sistema operativo está compuesto por 12 millones de líneas de código, incluyendo 3 millones de líneas de XML, 2,8 millones de líneas de lenguaje C, 2,1 millones de líneas de Java y 1,75 millones de líneas de C++ (wikipedia, 2011).

Ilustración 8: Arquitectura Android OS



Fuente: (android developers, 2011)

La arquitectura mostrada en la ilustración 8 queda explicada de la siguiente forma, tomando como referencia a (android developers, 2011):

- **Applications:** las aplicaciones contienen un cliente de correo electrónico, programa de SMS, calendario, mapas, navegador, contactos y otros. Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje de programación Java.
- **Application framework:** el marco de trabajo de aplicaciones permite a los desarrolladores aprovechar el hardware del dispositivo y demás componentes del API utilizado por el núcleo de aplicaciones. La arquitectura fue diseñada para simplificar la reutilización de componentes.
- **Libraries:** Android incluye un conjunto de bibliotecas de C/C++ usadas por varios componentes del sistema. Estas características se exponen a los desarrolladores a través del marco de trabajo de aplicaciones de Android. Algunas de estas librerías son:
  - **System C library:** implementación derivada del sistema de librerías estándar C.
  - 
  - **Media Libraries:** basado en PacketVideo's OpenCORE. Librería que soporta la reproducción y grabación de formatos de audio y video comunes, como también archivos de imágenes estáticas, incluyendo MPEG4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPG, y PNG.

- **Surface Manager:** administra el acceso al subsistema de visualización y perfecciona composiciones para capas graficas en 2D y 3D de múltiples aplicaciones.
- **LibWebCore:** buscador web moderno que alimenta tanto el navegador de Android como la vista web embebida.
- **SGL:** motor de gráficos 2D.
- **3D Libraries:** implementación basada en OpenGL ES 1.0 APIs. La librería usa el hardware de aceleración 3D para optimizar el rasterizado en 3D.
- **FreeType:** mapa de bits y fuente de vector renderizado.
- **SQLite:** un motor de bases de datos relacionales de gran alcance y ligero disponible para todas las aplicaciones.
- o **Android Runtime:** Android incluye un set de bibliotecas base que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje Java. Cada aplicación Android corre su propio proceso, con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik. Dalvik ejecuta archivos en el formato Dalvik Executable (.dex), el cual está optimizado para memoria mínima. La Máquina Virtual está basada en registros y corre clases compiladas por el compilador de Java que han sido transformadas al formato .dex por la herramienta incluida "dx".
- o **Linux Kernel:** Android se basa en la versión 2.6 de Linux para el sistema de servicios básicos, tales como seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, y el modelo del controlador. El núcleo también actúa como una capa de abstracción entre el hardware y el resto del software.

Algunas de las aplicaciones de realidad aumentada implementadas con este sistema operativo son:

- o **Layar:** aplicativo que permite manejar distintas capas de información. Que van desde la propia wikipedia, twitter, lugares de ocio o gasolineras.
- o **Wikitude AR Trabal Guide:** aplicación que muestra información de lugares de interés para visitar de las distintas ciudades que dispone.
- o **Wikitude Drive:** sistema de navegación GPS pero no como los convencionales ya que sobre-imprime las indicaciones sobre las

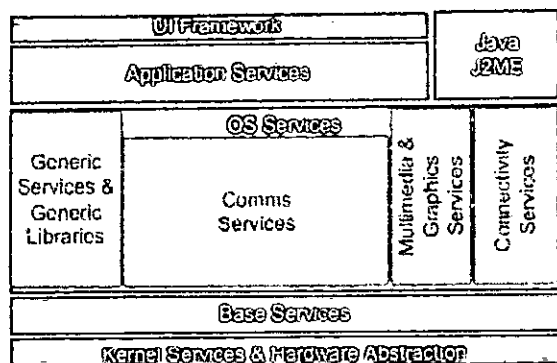
imágenes reales que va obteniendo de la cámara (android marketiza, 2009).

### 6.1.5 Symbian OS

Symbian es un sistema operativo que fue producto de la alianza de varias empresas de telefonía móvil, entre las que se encuentran Nokia, Sony Ericsson, Samsung, Siemens, Arima, Benq, LG, Motorola, Mitsubishi Electric, etc. (wikipedia, 2011). Se encuentra diseñado para dispositivos móviles con librerías asociadas, marcos o estructuras (frameworks) de interfaz de usuario e implementaciones de referencia de herramientas comunes, producido por Symbian Ltd.

Symbian OS apunta a la robustez del sistema dando garantía sobre la integridad y seguridad de los datos del usuario y la capacidad del sistema para funcionar sin fallos. También se ha destinado a ser fácil e intuitivo de usar y totalmente impulsado por una interfaz grafica de usuario (GUI).

Ilustración 9: Capas que conforman la arquitectura de Symbian OS



Fuente: (Symbian)

La arquitectura mostrada en la ilustración 9 queda explicada de la siguiente forma, tomando como referencia a (Morris, 2007):

- **UI Framework Layer:** es la capa superior de Symbian OS que proporciona los marcos y las bibliotecas para la construcción de una interfaz de usuario, incluyendo las jerarquías de clase básica para los controles de interfaz de usuario y otros marcos y los servicios utilizados por los componentes de interfaz de usuario.
- **Application Services:** capa que proporciona un apoyo independiente de la interfaz de



usuario para aplicaciones en Symbian OS. Estos servicios se dividen en tres grandes grupos:

- Nivel del sistema y servicios usados para todas las aplicaciones, por ejemplo la aplicación de la arquitectura o manipulación de texto.
  - Servicios de apoyo a los tipos genéricos de aplicación y aplicación de servicios como aplicaciones de productividad personal y servicios de sincronización de datos.
  - Servicios basados en tecnologías más genéricas pero centradas en tecnologías como correos electrónicos, mensajería y navegación.
- o **Java J2ME:** la aplicación java de Symbian se basa en:
    - Una maquina virtual (VM) y capas de apoyo para el sistema java que lo complementa basado en el perfil MIDP 2.0
    - Un conjunto de paquetes estándar MIDP 2.0
    - Una implementación para el lenguaje CLDC 1.0, E/S, y servicio de utilidades.
    - Un número de plugins de bajo nivel que implementa la interfaz entre CLDC, el soporte de paquetes y el sistema nativo.
  - **OS Services:** esta capa es la capa 'middleware' de Symbian OS, proveyendo los servidores, marcos y librerías que amplían el sistema por debajo de ella en un sistema operativo completo. Los servicios de esta capa se divide en 4 bloques para ampliar el área de funcionalidades que son: *generic operating system services, communications services, multimedia and graphics services y connectivity services.*

Estos bloques juntos, proporcionan la tecnología específica y la aplicación de servicios independientes en el sistema operativo. También se encuentran los siguientes servicios:

- **Marco de comunicación:** el *Comms Root Server and ESocket Server* proporciona la base para todos los servicios de comunicaciones.
- **Telefonía:** abarca *ETel (Telephony) Server Fax Server* y el servidor principal para todos los servicios basados en telefonía.
- **Redes:** el trabajo en la red implementa protocolo TCP/IPv4/v6
- **Comunicaciones en serie:** el servidor C32 proporciona el estándar de soporte de comunicaciones seriales.
- **Gráficos y control de eventos:** el servidor de Windows, de fuentes y mapa de bits proporciona toda la pantalla de dibujo y soporte de fuentes, así como el sistema y la aplicación de gestión de eventos.
- **Conectividad:** *the Software Install Server, Remote File Server y Secure Backup Socket Server* proporcionan la conectividad para los servicios.
- **Genérico:** *the Task Scheduler* proporciona la puesta en marcha de las tareas.

- **Base services:** proporciona el nivel más bajo de los servicios del lado del usuario. Esta capa incluye el servidor de archivos y la biblioteca de usuarios. Otros marcos importantes del sistema son proporcionados por esta capa son: *ECom Plug-in Framework* que implementa la interfaz de gestión estándar utilizada por todos los marcos de plugins para Symbian OS, un Store que proporciona el modelo de persistencia, el repositorio central con el marco de DBMS y la biblioteca de criptografía.
- **Kernel Services and Hardware Interface:** La capa más baja de Symbian OS, los servicios de Kernel y la capa de interfaz de hardware contiene el núcleo del sistema operativo en sí mismo, incluyendo los controladores de dispositivo.

## 6.2 Plataforma J2ME

Java es un lenguaje utilizado debido a sus características inherentes destacando la *portabilidad*, la capacidad de crear una aplicación java y ejecutarla sobre diferentes sistemas operativos sin necesidad de reconstruirla (Froufe Quintas & Jorge Cardenas, 2006). Esta plataforma queda agrupada en tres ramas en función del sector al que va orientada la edición, distinguiéndose así:

- **Java 2 Standard Edition:** también denominada J2SE, orientada a equipos de escritorio. Comprende la JDK donde *swing* se ha convertido en parte importante para facilitar el desarrollo de aplicaciones java en donde la interfaz de usuario tiene una importancia muy especial.
- **Java 2 Enterprise Edition:** denominada J2EE engloba al J2SE y le añade clases para el desarrollo de entornos corporativos. Se encuentra orientada al desarrollo de aplicaciones para servidores utilizando Enterprise JavaBeans, aplicaciones web, servlets, JSP y XML. Edición orientada al desarrollo de componentes y distribución de aplicaciones.
- **Java 2 Micro Edition:** denominada J2ME, es un subconjunto de J2SE orientado al desarrollo de aplicaciones java destinada a dispositivos con pocos recursos como teléfonos celulares, PDA's, buscaperonas, etc.

La ilustración 10 esquematiza las ediciones de la plataforma java 2.

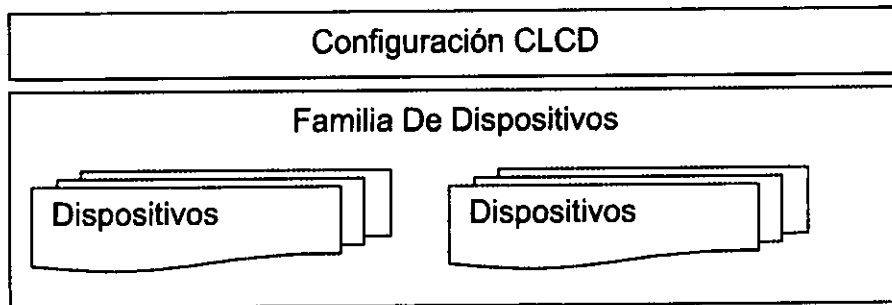
**Ilustración 10: Esquema ediciones Java**

Otros API	Otros API	Foundation P	MIDP	
API J2EE	API J2SE	CDC	CLCD	API JavaCard
API J2ME				
API base del lenguaje Java				
Java Hotspot		Java virtual machine (JMV)	KVM	JCVM
Hardware, sistema operativo, etc.				

Fuente: (Froufe Quintas & Jorge Cardenas, 2006)

La arquitectura J2ME se basa en familias y categorías de dispositivos. Una categoría define un tipo de dispositivo particular como teléfonos celulares, buscapersonas y PDA's una familia de dispositivos está compuesta por un grupo de categorías la que tiene requisitos similares de memoria y capacidad de procesamiento. La ilustración 11 muestra la relación entra familias y categorías de dispositivos

**Ilustración 11: Entorno J2ME**



Fuente: (Froufe Quintas & Jorge Cardenas, 2006)

La arquitectura se encuentra también definida en un entrono global de cuatro capas básicas que son:

**Ilustración 12: Capas J2ME**

Perfil MID	MIDP
Perfil	CLCD
Configuración	
Maquina Virtual Java	

Fuente: (Froufe Quintas & Jorge Cardenas, 2006)

- La capa que corresponde a la maquina virtual es una implementación específica de la maquina virtual para cada uno de los dispositivos de forma que pueda adaptarse y soportar el sistema operativo que se ejecute en ese dispositivo.
- La capa de configuración es orientada al dispositivo definiendo el mínimo conjunto de características de la maquina virtual java y de las librerías de clases java que están disponibles para un conjunto de dispositivos.
- La capa de perfil está orientada a la aplicación definiendo el mínimo conjunto de API's disponibles para una determinada familia de dispositivos incluyendo librerías de clases que son mucho más específicas que las proporcionadas en una configuración. Un dispositivo puede soportar varios perfiles.
- La capa del *perfil para dispositivos de información móvil / (MIDP)* consiste en un conjunto de APIs Java que permiten al creación de interfaces de usuario, conexiones de red, manipulación de datos, sonido, seguridad, etc.
- La capa del API *configuración para dispositivos con conexión limitada (CLCD)* es la encargada de manejar los tipos básicos de Java, objetos, enteros, cadenas y también del control de las acciones de E/S o las comunicaciones por red.

Una *configuración* es un entorno de ejecución java completo que define el entorno de ejecución básico de J2ME, teniendo como objetivo la adecuación a las necesidades de una familia de dispositivos con capacidades similares. Tal configuración estará formada por una maquina virtual java, el código nativo para realizar la interfaz entre java y el sistema operativo utilizado en el dispositivo y un conjunto de clases java que constituyen el entorno de ejecución. Las configuraciones definidas son:

- **CDC:** la configuración para dispositivos conectados está orientada a dispositivos con microprocesadores de 32 bits y que disponen de 2 Mb o más de memoria total, incluyendo memoria RAM. Deben ser dispositivos con capacidad de conexión a red inalámbrica. Es un subconjunto de J2SE incluyendo todas las clases definidas en el API CLCD y algunas más. Cuenta con soporte a coma flotante, procesos nativos, multihilo, manipulación de sistemas de ficheros, serialización de objetos, conexiones HTTP, red y para la mayoría de las colecciones del API Collection de J2SE.
- **CLCD:** configuración para dispositivos con conexión limitada mantiene las características de java sobre los dispositivos limitados a procesadores de 16 o 32 bits y con una cantidad de memoria total disponible para la plataforma java de al menos 160-192 kb. Define un número determinado de requisitos que debe cumplir el entorno java, excepto en unas diferencias como: no contar con soporte para operaciones en coma flotante, no hay finalización de objetos, los errores en tiempo de ejecución dependen de la implementación.

Un perfil define el tipo de dispositivo soportado e incorpora clases específicas para ciertas acciones extendiendo las capacidades de una configuración para completar su funcionalidad y el uso de elementos que proporciona un dispositivo. Como ventaja proporcionan mecanismos importantes para la funcionalidad que se requiere de las aplicaciones ejecutándose sobre dispositivos de limitada capacidad.

Los *MIDLETS* son aplicaciones javas que cumplen las especificaciones CLCD y MIDP. Durante el ciclo de vida activo del midlet, él puede atravesar por diferentes estados y métodos que regulan la transición de un estado a otro. Los posibles estados en los que se puede encontrar un midlet son:

- **Detenido:** estado en el que se encuentra un midlet que ha sido creado pero todavía no ha ejecutado por primera vez el método *startApp()*. También puede provocarse este estado a través de los métodos *pauseApp()* o *notifyPaused()*. En este estado, el midlet mantiene los mínimos recursos posibles ya admite cualquier notificación asíncrona.
- **Activo:** estado de ejecución del midlet en el que se entra tras la ejecución inicial del método *startApp()* o por la recuperación mediante la llamada al método *resumeApp()* tras una pausa.
- **Destruído:** estado provocado por la invocación de los métodos *destroyApp()* o *notifyDestroyed()*. Una vez que el midlet entre en ese estado, no podrá realizar ninguna transición a otro estado y habrá concluido toda su actividad.

## **7. ESTADO DEL ARTE**

La realidad aumentada se ha introducido en muchos campos, abarcando aplicaciones desde la medicina, ingeniería, arte, educación, turismo y dispositivos móviles. Esta investigación se dirige principalmente al área de aplicación turística y de dispositivos móviles, se abordarán diversos casos de estudio dirigidos a estas áreas en concreto y se mencionaran algunos ejemplos dirigidos a otras áreas para comprender la amplitud de la tecnología de realidad aumentada.

### **7.1 APLICACIONES EN DIVERSAS ÁREAS**

#### **7.1.1 Arqueología.**

Con el transcurrir del tiempo, las construcciones se van deteriorando y es más difícil apreciar su valor histórico- arqueológico de forma total. Los sistemas de realidad aumentada utilizados en este campo, permiten mostrar la información concerniente a esas construcciones de una forma más dinámica y visualmente atractiva. Las siguientes aplicaciones son ejemplo de implementación de realidad aumentada en el ámbito arqueológico.

#### **Reconstrucción virtual de iglesia noruega de Margaretakirken**

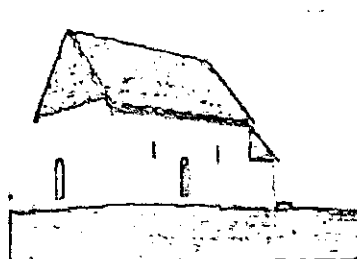
Se destaca el sistema de realidad aumentada desarrollado por el Halden Virtual Reality Centre (MARTINEZ E. , 2006), perteneciente al Noruege Institute for Energy Technology (IFE), en colaboración con la Escuela de Arquitectura de Oslo (AHO) y la Universidad japonesa de Kyoto que hace posible reconstruir virtualmente edificios antiguos tal como eran. El sistema se compone de numerosos marcadores situados sobre una superficie fija, como las ruinas de una iglesia. El sistema se ha empleado para la reconstrucción virtual de la iglesia noruega de Margaretakirken, destruida hace muchos siglos y de la que actualmente sólo quedan las ruinas. Los marcadores fueron situados alrededor de las ruinas y el sistema reconstruyó virtualmente una imagen de la iglesia tal como era en la Edad Media.

**Ilustración 13: Ruinas de Iglesia noruega Margaretkirken**



Fuente: (MARTINEZ E. , 2006)

**Ilustración 14: Iglesia reconstruida con realidad aumentada**

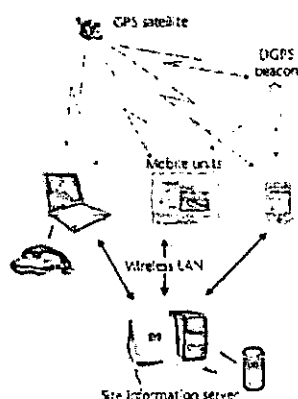


Fuente:(MARTINEZ E. , 2006)

### Una guía con realidad aumentada para sitios arqueológicos

El nombre del proyecto es *Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites* (Vlahakis, y otros, 2002) el cual trata de unir recreación, educación, ciencia e investigación científica, ayudando a los usuarios a navegar y sacar mucho provecho a sus visitas, así como obtener información y actualización de datos arqueológicos en un sitio dado. Para su ejecución se tomó como sitio de pruebas la arqueología de las olimpiadas en Grecia, siendo de mucho interés por el nacimiento de los juegos olímpicos en este lugar y la gran cantidad de visitantes al mismo. La arquitectura del sistema usada es la mostrada en la ilustración 15 .

**Ilustración 15: Arquitectura del sistema Archeoguide**



Fuente: (Vlahakis, y otros, 2002), pág. 53

Archeoguide implementa una arquitectura cliente-servidor con 3 subsistemas básicos que son: el sitio de información del servidor (SIS), las unidades móviles y la infraestructura de la red. La comunicación del SIS con los clientes es vía WLAN, y las unidades móviles son computadores portátiles, tabletas u ordenadores de bolsillo. Estas unidades reciben la información multimedia basados en la posición y otros parámetros capturados por el sistema de posicionamiento global (GPS).

**Ilustración 16: Sitio arqueológico original**



Fuente (Vlahakis, y otros, 2002), pág. 57

**Ilustración 17: Sitio arqueológico visto con realidad aumentada**



Fuente (Vlahakis, y otros, 2002), pág. 57

Se implementaron 3 prototipos para las unidades móviles y cada una presenta características diferentes de acuerdo a la función y portabilidad de las mismas. En el caso de los computadores portátiles los dispositivos usados fueron un portátil, cámara web USB, lentes HMD, un receptor DGPS, una brújula y el procedimiento para la muestra de realidad aumentada ocurre cuando el SIS recibe una petición del computador, el sistema verifica la posición del computador envía video, audio y los sincroniza y presenta al mismo tiempo la información en los lentes HMD y auriculares del usuario.

Para las tablas la aplicación es más ligera. Cuenta también con un DGPS, una pantalla táctil, una brújula y un cable de comunicación. Esta aplicación ofrece una mejora a las visitas guiadas. Adicional a esto, las panorámicas aumentadas corresponden a reconstrucciones de 360° del punto de visita.

Por último las unidades móviles de bolsillo o *Palmtop* que proporcionan imágenes, videos, panorámicas desde diferentes puntos de vista. El contenido multimedia se encuentra en una sola página para evitar el desplazamiento de la pantalla. Un ejemplo del uso en esta unidad móvil son los avatar's de atletas compitiendo en el estadio olímpico de la antigua Grecia.

**7.1.2 Medicina**

Para este campo es importante que los sistemas de realidad aumentada tengan gran precisión y fiabilidad en el registro, sobre todo si el sistema se va a usar en operaciones como la aplicación a mostrar en la siguiente sub-sección.

**Aplicación Clínica de realidad aumentada en neurocirugías**

Desarrollado en Tokyo Japón, por Tokyo Women's Medical University (Iseki, Muragaki, Naemura, Hayashi, Hori, & Takakura) en donde el sistema de realidad aumentada permite a los cirujanos hacer referencia a la información sin mirar el computador o quitar la mirada de la operación. Esta aplicación superpone los



gráficos en el campo quirúrgico en el monitor y coloca información necesaria de la operación con prontitud al cirujano. Para prevenir algún problema al momento de la cirugía se organizan los eventos que imitan la realidad en la virtualidad y los fenómenos que ocurren en tiempo real.

**Ilustración 18: Realidad Aumentada con neurocirugía**



Fuente: (Iseki, Muragaki, Naemura, Hayashi, Hori, & Takakura)

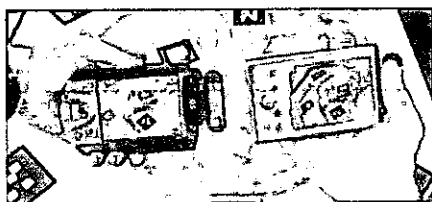
### 7.1.3 Entretenimiento

Dentro de este campo existen muchas aplicaciones que despiertan interés en la industria de videojuegos que cuentan con sistemas de realidad virtual y la tecnología de realidad aumentada es una gran posibilidad de incursionar en el mercado por ejemplo el nintendo 3DS.

#### Tren invisible

El tren invisible (WAGNER, PINTARIC, & SCHMALSTIEG, 2005) es un juego multiusuario colaborativo de Realidad Aumentada, en el que los jugadores controlan virtualmente sus trenes en un riel de ferrocarril en miniatura de madera. En este entorno, los jugadores pueden interactuar con el ambiente de operación del juego y ajustar la velocidad de sus trenes virtuales. El objetivo común del juego es impedir que los trenes choquen virtualmente.

**Ilustración 19: The invisible train**



Fuente: (WAGNER, PINTARIC, & SCHMALSTIEG, 2005)

#### Realidad aumentada en nintendo 3DS

Esta implementación es muy reciente, lanzada al mercado desde el 26 de febrero de 2011 en Japón, donde en Nintendo mostro al mercado un juego que interactúa con la cámara de la consola y cartas con personajes impresos, haciendo de la realidad aumentada una forma de diversión (Vandal, 2011).

**Ilustración 20: Realidad Aumentada en nintendo 3DS**

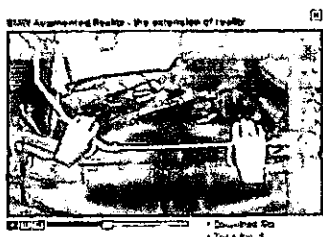


Fuente: (Vandal, 2011)

#### **7.1.4 Procesos Industriales**

La realidad aumentada también cuenta con aplicaciones en los procesos industriales como la reparación de motores de automóviles por parte de los mecánicos de la BMW (BMW), donde estos reciben información adicional en tercera dimensión del motor que se está reparando, por ejemplo el diagnóstico y solución del problema. Aparte del entorno real, el mecánico puede ver animaciones virtuales de los componentes, herramientas a usar y escuchar las instrucciones de cada paso para trabajar, todo esto integrado dentro de los lentes que le permiten realizar la actividad.

**Ilustración 21: BMW Augmented Reality in practice**



Fuente: (BMW)

#### **7.1.5 Académico**

La implementación de realidad aumentada en sistemas de aprendizaje basados en tecnología multimedia, mejoran la calidad del aprendizaje pues motivan al estudiante a participar más en la interacción con el conocimiento ayudando al estudiante a retener y asimilar de forma fácil lo aprendido. Las siguientes aplicaciones académicas son ejemplo de implementación en el aprendizaje cultural de museos, en asignaturas universitarias y en aprendizaje de palabras para niños.

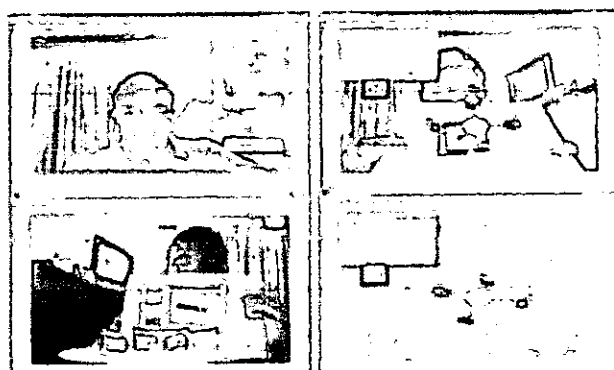
### Patrimonio Cultural Digital en el Museo del Oro

El grupo de Investigación Imagine de la Universidad de los Andes-Colombia, cuenta dentro de sus instalaciones con el laboratorio Colivri (Grupo de investigación Imagine, 2008), dentro del cual se está llevando a cabo un proyecto encabezado por el profesor Pablo Figueroa llamado: Patrimonio Cultural Digital en el Museo del Oro. “Este proyecto financiado por Colciencias y Renata busca crear una experiencia interactiva con patrimonio cultural digital, derivado de las piezas disponibles en el Museo del Oro. Está en desarrollo una web pública al respecto y una exhibición con información 3D, auditiva y óptica que estará disponible en el Museo temporalmente (FIGUEROA, 2008)”.

### Realidad Aumentada como apoyo a procesos educativos

La Universidad de Nacional de Colombia, con sede en Manizales, cuenta con el Grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes adaptativos GAIA (ARAGÓN NIETO & DUQUE MENDEZ, 2010), que desarrolló una aplicación de apoyo a la enseñanza de redes de computadores en cursos de pregrado. En dicha experiencia, usaron diferentes herramientas, que permiten mejorar la navegación de los estudiantes en la aplicación, buscando así un progreso significativo en los objetivos educativos. Para el aprendizaje, el estudiante cuenta con la posibilidad de ver diferentes topologías de redes y diferentes componentes que la integren, tener acceso a información textual y contenidos multimedia con temas importantes. Las herramientas utilizadas por el grupo de investigación fueron principalmente FLARToolkit que es una librería / SDK / API para crear aplicaciones de realidad aumentada en Flash, MotionTracking librería desarrollada para detectar y rastrear el movimiento realizado frente a la webcam, Papervision3D que es un paquete de clases 3D para flash, que permite generar una escena 3D en el swf con objetos y cámaras, con movimiento en sus 3 ejes y la librería VoiceGesture para el reconocimiento de voz.

Ilustración 22: Interacciones en RA-Learning

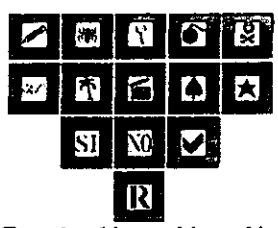


Fuente: (ARAGÓN NIETO & DUQUE MENDEZ, 2010)

### Realidad Aumentada para el aprendizaje de palabras

Proyecto desarrollado por el Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Valencia (España). La aplicación realizada permite a los niños aprende letras y palabras. (Juan, Llop, Abad, & Lluch, 2010). Consta de una cámara para capturar el entorno real, un marcador en blanco y negro que en el interior tiene símbolos y letras y unos lentes HMD para la salida de los videos. La parte software fue desarrollada con la librería OsgART y para la realización de los objetos en 3D el programa Swift 3D. Para el juego, se tienen 14 marcadores agrupados en 3 grupos. Primero se encuentran 10 marcadores subdivididos en 2 grupos. El primer subgrupo que solo permiten mostrar imágenes y el menú inicial donde los niños pueden seleccionar un juego. El segundo subgrupo muestra imágenes de letras para formar palabras. *(Estos marcadores corresponden a la primera y segunda fila de la ilustración 23)*. El segundo grupo de marcadores permite navegar en el sistema y responder a las preguntas que aparecen en el juego virtual, son los marcadores de SI/NO y verificación *(Estos marcadores corresponden a la tercera fila de la ilustración 23)*. El tercer grupo corresponde a un marcador que muestra videos para explicar diferentes juegos, felicitaciones al niño cuando responde correctamente y asesorías cuando no se responde correctamente *(última fila de la ilustración 23)*.

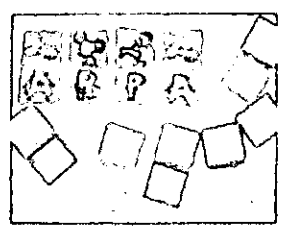
Ilustración 23: Grupo de marcadores de aplicación AR para aprender palabras



Fuente: (Juan, Llop, Abad, & Lluch, 2010), pág. 423

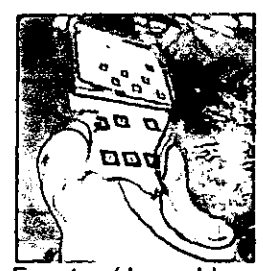
Para iniciar el juego, los niños deben completar la palabra dada por la mascota virtual con una carta inicial. En la parte superior del juego se cuenta con 3 letras opcionales para ello. El juego cuenta con imágenes que ayudan a los niños a reconocer las cartas. Por ejemplo para la letra "A", la ilustración guía es una abeja y aquí el niño deberá organizar la palabra. En otros niveles del juego se debe colocar la letra que falta en cualquier posición dentro de la palabra mostrada.

Ilustración 24: Letras en el juego de aprendizaje



Fuente: (Juan, Llop, Abad, & Lluch, 2010). Pág.423

Ilustración 25: Niño jugando con Realidad Aumentada

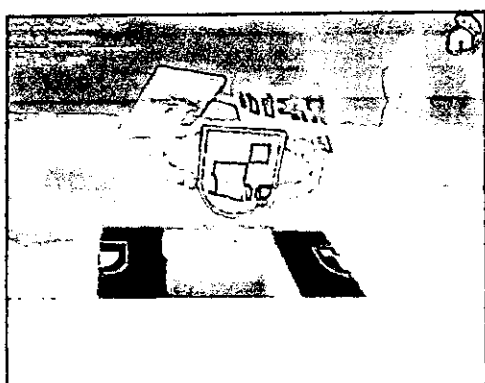


Fuente: (Juan, Llop, Abad, & Lluch, 2010). Pág.426

## Investigación y Aplicación de la Realidad Aumentada Escuela de Informática en Chile

Investigación realizada en el departamento de ingeniería civil con computación de la universidad UTEM, donde se realizaron diferentes aplicaciones para mostrar la universidad, la interactividad entre múltiples marcadores y explicaciones de clases de física. Todas estas aplicaciones con fines académicos y desarrolladas con FLARToolkit, visualización de videos y modelos en 3D (Padilla M, 2010).

Ilustración 26: Aplicación UTEM

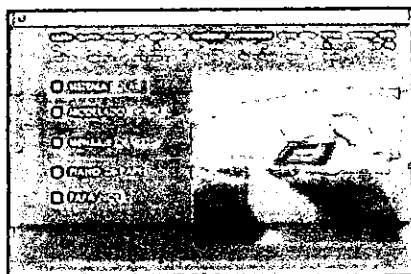


Fuente: (Padilla M, 2010)

### 7.1.6 Empresarial

En el ámbito nacional se cuenta con la empresa Bakia (Bakia) es una empresa colombiana que junta el arte y la tecnología para crear soluciones y crear productos de alto contenido interactivo, para ejemplo cabe resaltar que esta empresa fue la encargada de diseñar para la revista SOHO, en asociación con DirecTv, la publicación Nro. 116 en la cual se presenta un contenido mezclado donde se encuentran las modelos en sesión de fotos, la importancia de esto se debe a que es la primera revista que incluye dentro de sus contenidos códigos QR para que el lector despliegue contenido de Realidad Aumentada.

Ilustración 27: Aplicación Bakia



Fuente: (Bakia)

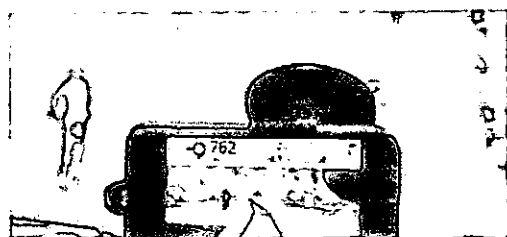
## 7.2 APLICACIONES EN DISPOSITIVOS MÓVILES

Los teléfonos móviles son parte importante de nuestra vida cotidiana y actualmente cuentan con tantas funciones similares a la de los computadores como pantallas a todo color, cámaras integradas, procesadores rápidos y visualización de gráficos 3D. Actualmente las cámaras de los teléfonos móviles son muy populares y pocas aplicaciones para estos móviles dan uso a la entrada de cámara. Además, a diferencia de los computadores, los móviles se ejecutan en diferentes sistemas operativos y lenguajes de programación tales como Windows Mobile, Palm OS, Symbian OS, Android Os, Macromedia Flash Lite, DoJa DoCoMo, J2ME, entre otros. En este apartado se muestran implementaciones de Realidad Aumentada sobre diferentes sistemas operativos y lenguajes de programación para móviles.

### 7.2.1 Wikitude

Aplicación basada en realidad aumentada para móviles. Actualmente se encuentra disponible para iPhone, Android y Symbian tanto en inglés como en alemán. Como requisitos para este software, el teléfono debe contar con un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), una brújula y una cámara, el GPS se encarga de dar la posición actual y en tiempo real del dispositivo, la brújula envía información sobre la orientación que se tiene en el punto anteriormente dado y finalmente, la cámara, lo que estamos viendo. Toda esta información se combina para incorporar datos adicionales tales como el nombre, distancia y datos de una montaña u otros accidentes geográficos o de edificios y otro tipo de construcciones. Wikitude es una aplicación muy interesante para hacer turismo y acceder sobre la marcha a información del entorno, montañas, edificios, lagos, etc., accediendo a través de wiki pedía y panorámico a los contenidos que casi en tiempo real son mostrados sobre la imagen mostrada en la pantalla del dispositivo móvil. (IBAÑEZ, PALOU, & PEDREIRA)

Ilustración 28: Wikitude



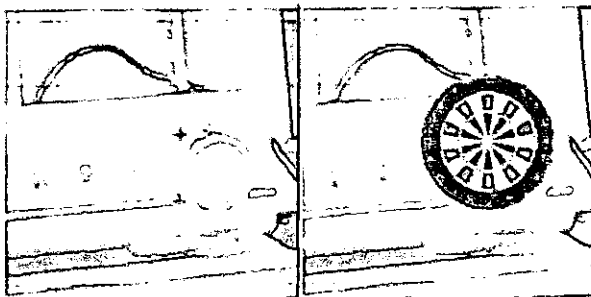
Fuente: (Wikitude. 2011)

### 7.2.2 Virtual Dart– juego con Realidad Aumentada con Symbian OS

The Chinese University of Hong Kong, en el Departamento de ciencias computacionales e ingeniería, desarrolló un programa basado en realidad aumentada para teléfonos móviles con sistema operativo Symbian, el cual consiste en demostrar como un programa puede tener en memoria imágenes de su entorno exterior para la interacción con realidad aumentada.(CHUNG SUM & HO TUNG, 2006-2007). En este proyecto se utilizó directamente el sistema operativo del móvil porque con J2ME no se proporciona ninguna API para acceder directamente al dispositivo de la cámara e implementar realidad aumentada y a pesar de ser multiplataforma, usa una máquina virtual para interpretar el código lo cual hace que la ejecución sea un poco más lenta.

Para la realización, utilizaron captura de movimiento (motion tracking) para sistemas operativos Symbian, donde se activa la cámara, se selecciona una región visualizada se toma una fotografía de esta, que será la posición en donde se coloca el tablero para el juego de dardos. Las pruebas realizadas fueron sobre teléfonos Nokia N90 Y Nokia N80. Dicha aplicación mezcla captura de movimiento y realidad aumentada en dispositivos móviles.

Ilustración 29: Juego con Realidad Aumentada en móviles con Symbian OS

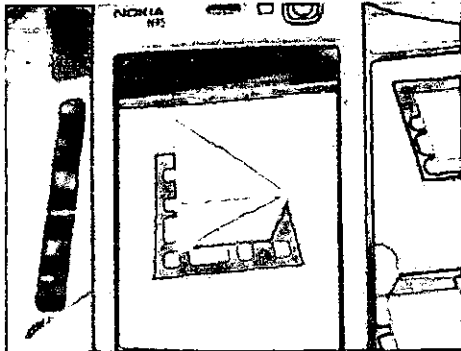


Fuente:(CHUNG SUM & HO TUNG, 2006-2007)

### 7.2.3 Realidad aumentada en dispositivos móviles usando Python

Este proyecto fue realizado por la Universidad de Canterbury (Nueva Zelanda) y *HIT Lab NZ* donde se desarrollo un contenedor de Python para módulos comunes de software críticos de rendimiento en Symbian C++ para aumentar la velocidad de aplicaciones con realidad aumentada (LEMOS SOARES). En este proyecto se decidió utilizar Python porque este lenguaje se ha utilizado con éxito en otros proyectos que vinculan realidad virtual y aumentada.

**Ilustración 30: Realidad Aumentada en dispositivos móviles usando Python**



Fuente: (LEMOS SOARES)

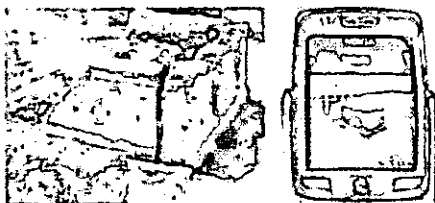
#### **7.2.4 Historia en parques arqueológicos usando J2ME y RA**

Aplicación desarrollada por el departamento de Informática, de la Universidad degli Studi di Bari de Italia (ARDITO, BUONO, COSTABILE, LANZILOTTI, & PEDERSON, 2007), cuyo objetivo era apoyar a los estudiantes que aprenden historia en sitios arqueológicos y los visitan, así como proporcionarles una experiencia más rica y atractiva culturalmente. La arquitectura del proyecto se basó en el diseño estándar de los teléfonos móviles, usando la plataforma J2ME y cuenta con lo siguiente:

- Un inicio de la aplicación Java.
- Un archivo XML con la estructura y contenido del juego para un sitio arqueológico en particular.
- Un conjunto de archivos M3G que representan la reconstrucción de modelos 3D de las construcciones históricas
- Un archivo de registro del juego en formato XML que actualiza los datos del juego, las diferentes visitas a los sitios.

Con J2ME se necesitó usar la librería JSR75 para la gestión de los archivos XML, JSR184 para visualizar los archivos M3G que contienen los modelos en 3D, la JSR234 para la reproducción multimedia.

**Ilustración 31: Aplicación en J2ME para historia en parques arqueológicos**



Fuente: (ARDITO, BUONO, COSTABILE, LANZILOTTI, & PEDERSON, 2007)



### 7.2.5 Aplicaciones móviles con Realidad Aumentada usando J2ME

Proyecto realizado por la Universidad de Canterbury (Nueva Zelanda) y *HIT Lab NZ*, donde se presenta la estructura de una librería propia que integre directamente realidad aumentada con J2ME(GU, 2008).Dicha librería es basada en una visión algorítmica existente de procesamiento general de la imagen (detección de bordes), procesamiento 2D de la imagen (estimación de movimiento) y la determinación en 3D de la cámara (aplicaciones de Realidad Aumentada). La estructura de la librería es la siguiente:

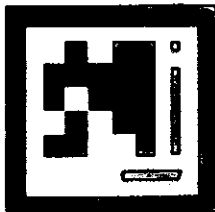
**Tabla 3: Estructura de la librería J2ME creada por la Universidad Cantebury**

	Realidad Aumentada en J2ME				
Procesamiento General de la imagen	Umbral	Etiquetado de componentes conectados	Detección de contorno	Rectángulo de montaje y etiquetado	Detección de bordes
Función de seguimiento y estimación de movimiento	Cálculo de homografía	Seguimiento orden de momentos	Revisión de patrón	Distorsión de la lente	Estimación de movimiento
Determinación en 3D de la cámara	Plantear el problema de la estimación	Renderizado de objetos 3D			

Fuente: (GU, 2008), pág. 34

En la implementación, se creó un propio sistema de marcadores debido a que la detección de los mismos es sensible a los cambios de iluminación, por tanto la guía usada consta de un punto en la esquina superior derecha para determinar la ubicación y orientación del marcador.

**Ilustración 32: Estructura visual del marcador**



Fuente: (GU, 2008)

Para acceder a la cámara del dispositivo móvil se utiliza una MMAPi de Java, a continuación se realiza el procesamiento de imágenes con el umbral, que es producir una imagen en escala a grises y después de obtenida esta imagen tomar la adaptación de umbral para producir una versión binaria en blanco y negro de la imagen. En la detección del contorno se exploran todas las líneas de izquierda a derecha para los bordes, considerando una secuencia de blancos seguidas de negros como candidatos a la frontera del marcador. Para el etiquetado se recorre fila por fila, asignando etiquetas preliminares a las regiones que se encuentran. Para probar la portabilidad de la aplicación J2ME se realizaron pruebas simples de videocámara en móviles, pruebas de capacidad gráfica 3D en Java usando la librería M3G, prueba combinando la cámara y objetos 3D y finalmente pruebas de eficiencia de la aplicación de realidad aumentada en móviles mostrando un cubo en 3D y un balón con textura.

**Ilustración 33: Implementación de algoritmo para RA usando J2ME**



Fuente: (GU, 2008)

## 7.2.6 Catálogo Turístico con Realidad Aumentada usando móviles

El objetivo de esta investigación es crear un catálogo con realidad aumentada que permita ayudar a los turistas a obtener información visual de los lugares que desea visitar (HABIBI LASHKARI, PARHIZKAR, & ABDULKARIM MOHAMEDALI, 2010). La solución que se plantea en este proyecto es colocar marcadores de sitios interesantes en el mapa que usa el turista y con ayuda de su teléfono buscar la información. Esto hace más emocionante la experiencia de los visitantes, pues al regresar a sus lugares de origen podrán mostrar a sus conocidos, los sitios que visitaron. La parte software es desarrollada para celulares con sistema operativo Windows Mobile y Symbian.

**Ilustración 34: Catalogo turistico en dispositivos móviles**



Fuente: (HABIBI LASHKARI, PARHIZKAR, & ABDULKARIM MOHAMEDALI, 2010)

### **7.2.7 Juegos con realidad aumentada en Symbian OS**

Conjunto de aplicaciones para móviles con sistema operativo Symbian desarrolladas por la empresa Cellagames (Cellagames). Consta de los siguientes juegos: AR Tower defense, AR Roguelike, Flying. Fueron realizados para desplegarse en Symbian 9.2 y celulares Nokia de categoría N. dentro de la página se encuentran disponibles los archivos ejecutables de la aplicación.

**Ilustración 35: Aplicación AR TOWER DEFENSE por Cellagames**



Fuente: (Cellagames)

Adicional, la misma compañía muestra la librería **SMMT** para múltiples marcadores en Symbian OS, bajo licencia BSD y posibilidad de trabajo en Symbian 9.1, 9.2, Nokia N73, N95 y N82.

## **7.3 APLICACIONES TURÍSTICAS**

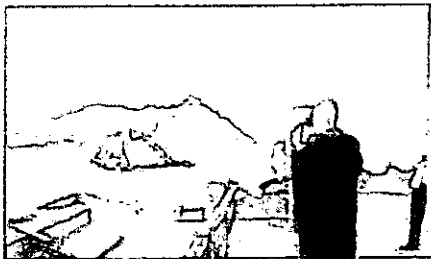
Un turista es una persona con poco o ningún conocimiento del entorno que está visitando. Sin embargo, los turistas tienen un gran interés en su entorno, pues desean conocer a través de sus alrededores para visitar diferentes lugares. Las

visitas guiadas son también una práctica común para turistas. En este caso, una sola persona se desplaza con un grupo de personas y presenta la información, lo cual a veces proporciona información parcial del sitio visitado y muchas veces no se contempla el sitio a cabalidad. La idea de las aplicaciones turísticas con realidad aumentada es proporcionar ayuda de navegación, ubicación y destino de un sitio turístico que se esté visitando. Los siguientes casos son muestra de dicha implementación.

### 7.3.1 Prisma

El proyecto Prismático turístico de realidad aumentada (PRISMA), recuerda el concepto de los tradicionales telescopios situados en sitios con vistas panorámicas. En este caso la información visual que se capta a través de la cámara de video, se aumenta (mejora) mostrando textos sobre impresionados de los puntos de interés que existen en la zona. Dentro de las características principales del proyecto se destaca el hecho de ser multilingüe, soporta 5 idiomas y que permite la inclusión de voces en off, sonidos, fotografías, videos, animaciones 3D, textos y objetos 3D, zoom de 18x, y giro de 360° entre otros.

Ilustración 36: Proyecto Prisma- Mirador



Fuente:(PRISMA)

### 7.3.2 Sistema de guía turística realizado por la Universidad de Viena

La universidad de Tecnología de Viena eligió realizar un sistema de guía turística para la ciudad de Viena como lugar para una aplicación de realidad aumentada que integra una gran cantidad de datos de fuentes diferentes. Dicho sistema proporciona una ayuda de navegación directa que dirige al usuario a un destino y un navegador de información que muestra la referencia de ubicación con iconos de información que pueden ser seleccionados para presentar información detallada en diferentes formatos. (REITMAYR & SCHMALSTIEG). Para su realización, la universidad utilizó la librería *Studierstube* (SCHMALSTIEG) basada en Open Inventor (OIV) como una plataforma de software para aplicaciones de RA

en desarrollo. Dicha plataforma es multi-usuario, con entornos de múltiple aplicación, y soporte de una variedad de dispositivos para visualización como HMD estereoscópicos.

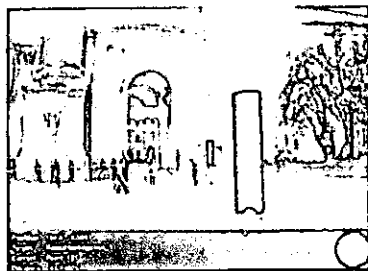
**Ilustración 37: Usuario trazando guía de localización histórica en Viena**



Fuente: (REITMAYR & SCHMALSTIEG)

Para la navegación en la ciudad con dicho aplicativo, se selecciona una dirección de destino específica, luego el sistema calcula la ruta más corta en una red conocida de rutas posibles, siendo interactivo y sensible al movimiento del usuario. La información de los lugares que va visitando se muestra como una serie de puntos que se visualizan como cilindros verticales conectados por flechas para mostrar la dirección al usuario para su desplazamiento.

**Ilustración 38: Visualización de la información para la ciudad de Viena**



Fuente: (REITMAYR & SCHMALSTIEG)

## 8. METODOLOGÍA

### 8.1 Tipo de Investigación

Para la realización de este proyecto, de acuerdo con Tamayo (Tamayo, 2004) se cuenta con la clasificación de los tipos de investigación de esta manera:

- Según el propósito o finalidad perseguida este proyecto es de tipo **investigación aplicada** porque busca la aplicación y utilización de los conocimientos que se adquieren (Zorrilla Arena, 1993). Es decir aplica la investigación a problemas definidos en circunstancias y características concretas, en nuestro caso SISTEMA DE GUÍA TURÍSTICO *INSITU*, BASADO EN REALIDAD AUMENTADA PARA CARTAGENA DE INDIAS.
- Según el nivel de conocimiento que se adquiere es una **investigación exploratoria** porque permiten un acercamiento y descubrimiento de fenómenos desconocidos o poco estudiados con el fin de aumentar la familiaridad, también para encontrar formas adecuadas de realizar una investigación posterior (Zorrilla Arena, 1993) (Tamayo, 2004).
- Según la clase de medios utilizados para obtener los datos es una **investigación experimental o mixta**, porque con dicho estudio se pueden hacer investigaciones tanto documentales como de campo (Zorrilla Arena, 1993). En nuestro caso se realizaron consultas al departamento de historia de la Universidad de Cartagena y la biblioteca Bartolomé Calvo para obtener documentos que apoyen la información concerniente a los atractivos turísticos objeto de estudio y además las visitas y salidas de campo que se realizaron para obtener imágenes u otro tipo de datos adicionales.

### 8.2 Diseño utilizado

Para la Exploración y análisis de los atractivos turísticos de la ciudad de Cartagena de Indias y elección de los atractivos objetivos del proyecto, inicialmente se realizó la recolección de información de los atractivos turísticos de la ciudad de Cartagena que presenta el sector objetivo de la propuesta. Posterior a esto se seleccionaron los atractivos sobre los cuales se utilizó la realidad aumentada. Lo anterior, realizado por medio de salidas de campo a los atractivos e investigaciones y documentaciones que fueron solicitados al programa de Historia de la Universidad de Cartagena y la biblioteca Bartolomé Calvo, para apoyar la creación del inventario de los atractivos y el diseño de la base de datos

para almacenar la información cocerniente a los sitios objeto de estudio, teniendo un carácter investigativo mixto o experimental.

En la documentación y revisión de las tecnologías necesarias para el desarrollo del sistema de realidad aumentada, se realizo una revisión de la literatura que permitio conceptualizar el tipo de tecnologías necesarias para el desarrollo de realidad aumentada en los atractivos turísticos seleccionados, sirviendo de apoyo al **objetivo específico No. 3**, teniendo un carácter investigativo exploratorio.

Para efectuar los **objetivos específicos 4 y 5** se realizaron los modelos de realidad aumentada para los atractivos turísticos seleccionados, se procedio a realizar las pruebas para verificar su funcionamiento al igual que el portal web a desarrollar, con carácter investigativo aplicado.

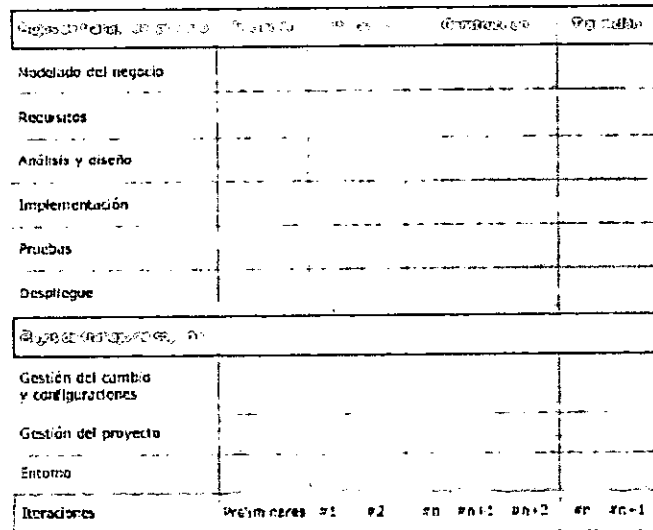
### 8.3 Procedimiento

Para el desarrollo del proyecto SISTEMA DE GUÍA TURÍSTICO *INSITU*, BASADO EN REALIDAD AUMENTADA PARA CARTAGENA DE INDIAS se usó la metodología de desarrollo RUP (Rational Unified Process o Proceso Unificado Racional). Según los autores del libro *El Lenguaje Unificado de Modelado* (Booch, Jacobson, & Rumbaugh, 2000) “es un proceso iterativo que propone una comprensión incremental del problema a través de refinamientos sucesivos y un crecimiento incremental de una solución efectiva a través de varios ciclos. Como parte del enfoque iterativo se encuentra la flexibilidad para acomodarse a nuevos requisitos o a cambios tácticos en los objetivos del negocio”.

El desarrollo iterativo e incremental, consiste en dividir el proyecto en partes o mini proyectos llamados iteraciones, las cuales se trabajan cada una en un tiempo definido. Asimismo, en cada iteración se realizan análisis de requisitos, diseño, implementación y pruebas. Como resultado de cada una se obtiene parte del sistema que puede ser integrado y ejecutado. En las primeras iteraciones se abordan los requisitos más críticos, los de mayor prioridad y son los más probados.

Las actividades del RUP se destacan en la creación y el mantenimiento de modelos especificados en UML (lenguaje unificado de modelado). Este modelo está centrado en la arquitectura que permite tener una base sólida sobre la cual planificar y manejar el software, está guiado por casos de uso y soporta técnicas orientadas a objetos.

Ilustración 39: Esquema fases del RUP



Fuente: (Booch, Jacobson, & Rumbaugh, 2000)

La aplicación de la metodología RUP dentro del proyecto se materializa en las 4 fases descritas a continuación:

**Inicio:** es la visión y comprensión del problema, viabilidad, análisis del negocio y requisitos, alcance del proyecto, entre otros. En esta fase se detalla el modelo del negocio, se identifican los atractivos turísticos objetos de estudio, se plantea el cronograma de actividades y los requerimientos.

**Elaboración:** es la comprensión del problema de una manera más refinada, resolución de riesgos altos, establecimiento de la arquitectura, mejor análisis de requisitos, diseño y parte de la implementación. Para el desarrollo del proyecto se seleccionará la tecnología más adecuada para la implementación, se hace un diseño de casos de uso, se elaboran los primeros modelos de visualización de los atractivos turísticos seleccionados en la fase anterior.

**Construcción:** es la implementación de los requisitos y casos de uso, desarrollo de los modelos de despliegue por medio de realidad aumentada y la tecnología adecuada seleccionada.

**Transición:** son las pruebas a realizar, la preparación del sistema para su entrega y puesta en marcha.



## **9. DESARROLLO**

### **9.1 Exploración y selección de atractivos turísticos**

Cartagena de Indias, al ser patrimonio histórico de la Humanidad cuenta con muchos atractivos turísticos, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a los perfiles que presenten, siendo los más representativos religioso, arquitectónico, académico, cultural e histórico de acuerdo a su trayectoria.

Uno de los objetivos específicos de este proyecto es crear el inventario de los Atractivos Turísticos de la Ciudad de Cartagena de Indias en pro de conservar la memoria histórica de la ciudad y a partir de este inventario se identifican los sitios objetos de estudio. El inventario se encuentra estructurado y mostrado como un resultado de la investigación, por tanto se ha de remitir al lector a la sección de resultados para ver dicho inventario, al igual que en el aplicativo web la sección de inventario de atractivos. Después de explorados los atractivos por medio de salidas de campo y realizado el inventario se seleccionaron 3 sitios de acuerdo con la información histórica que contienen y son:

- Actual Gobernación del Departamento de Bolívar (antes llamado Palacio de Gobierno)
- Catedral, también conocida como Basílica Menor o Catedral de Santa Catalina de Alejandría.
- Actual Escuela de Bellas Artes y Ciencias de Bolívar (antes Convento de San Diego)

La información de tales sitios fue obtenida en la Biblioteca Bartolomé Calvo. Para ello inicialmente se realizaron consultas al departamento de historia de la Universidad de Cartagena para obtener documentos de apoyen la información concierne. Debido a la poca información obtenida por este medio, la remisión se hizo a la biblioteca mencionada, en donde se encontró gran información de la ciudad de Cartagena, de sus sitios turísticos y de los objetos de estudio. Las salidas de campo abarcaron 2 días, en donde se tomaron fotografías desde diferentes ángulos de los sitios objetos de estudio para realizar el contenido multimedia del sistema de realidad aumentada. Con esta información y teniendo definido los perfiles y los atractivos el esquema de la base de datos para almacenar la información se explicará en la arquitectura del sistema.

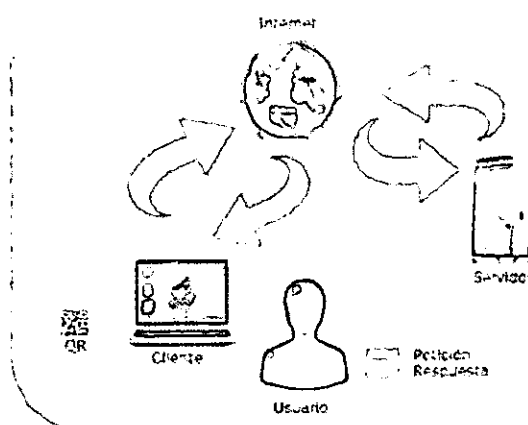
Este paso corresponde de igual forma a la fase de inicio de la metodología RUP mencionada en el procedimiento.

## 9.2 Estudio y selección de tecnología adecuada

En el marco teórico se mencionaron varios conceptos de tecnologías usadas para desarrollar realidad aumentada y uno de los objetivos de este proyecto es seleccionar la tecnología idónea para la realización del proyecto, después de haber realizado un estudio comparativo de las tecnologías existentes necesarias. Este paso corresponde igualmente a la fase de elaboración de la metodología RUP mencionada en el procedimiento, realizándose de la siguiente manera:

### 9.2.1 Despliegue Web

Ilustración 40: Esquema de despliegue web



La investigación de tecnologías inicio con la búsqueda de ejemplos y librerías ARTOOLKIT y PAPERVISION 3D las cuales quedan resumidas así:

**ARTOOLKIT:** Librería desarrollada bajo C++ (Lamb) que permite la creación de aplicaciones de Realidad Aumentada, en las que se sobreponen imágenes virtuales en ambientes reales, fue desarrollado originalmente por el Dr. Hirokazu Kato, y su desarrollo continuo está siendo apoyado por el Human Interface Technology Laboratory (HIT Lab) de la Universidad de Washington, HIT Lab NZ de la Universidad de Canterbury, Nueva Zelanda, y ARToolworks, Inc., Seattle. Algunas de las características de ARToolKit incluyen:

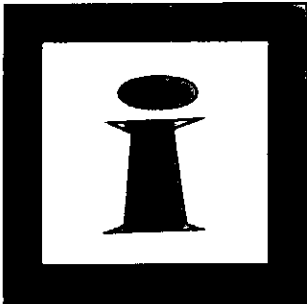
- Posición de la cámara individual / seguimiento de la orientación.
- La capacidad de utilizar cualquier patrón marcador cuadrado.
- Fácil calibración de la cámara.
- Lo suficientemente rápido como para aplicaciones de AR en tiempo real.
- Distribuciones para SGI IRIX, Linux, MacOS y Windows.
- Es de código abierto.

Para este proyecto se ha elegido hacer uso de la variante **FLARToolKit** y **NyARToolkit**. Según la ilustración *Esquema de despliegue web*, se procede a explicar la razón de la elección. El uso de **FLARToolKit** se manifiesta en la aplicación web como uno de los productos finales de este proyecto, ya que para el despliegue en internet se hace más oportuno que se embeba un archivo de Flash, que es el resultante de trabajar con esta librería.

**PAPERVISION 3D**: Paquete de clases 3D para flash, que permite generar una escena 3D en el swf con objetos y cámaras, con movimiento en sus 3 ejes. Esta librería se utiliza para cargar los modelados en 3D hechos y exportados desde **BLENDER** los cuales son cargados externamente por la aplicación y se genera el efecto de realidad aumentada (Papervision 3D).

**CREACIÓN DEL MARCADOR**: Los marcadores son cuadros que reconoce la librería **ARToolKit** y el flujo de video. Es decir los marcadores son patrones físicos que se crean e imprimen. **ARToolKit** viene con unos archivos pdf con algunos marcadores realizados como el Hiro mencionado en el marco teórico. Se pueden crear mediante la edición de la plantilla incluida en la distribución **ARToolKit**, en el doc / patrones / pattern.png que está en blanco o crear el marcador de cualquier tamaño, mezclar diferentes imágenes para marcador (artoolworks, 2010). En esta investigación se ha decidido crear un marcador propio, el cual es mostrado en la ilustración 41

Ilustración 41: Marcador propio para Insitu

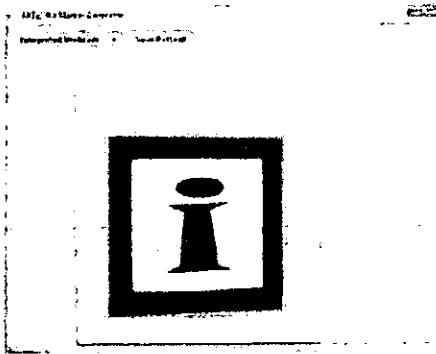


Los entornos software para el desarrollo de la investigación que fueron estudiados y utilizados son: Adobe Flex Builder (Adobe, 2009), Adobe Air (Wikipedia, 2011), **ARToolKit Marker Generator** (artoolworks, 2010), **Blender** (Wiki Blender, 2010).

**ARTOOLKIT MARKER GENERATOR**: Los patrones son archivos que contienen datos que representan la imagen en el centro de un marcador. Cuando se lanza un programa de **ARTOOLKIT MARKER GENERATOR** por lo general se carga uno o más archivos de patrones para que reconozcan los marcadores. Los archivos de patrones **ARToolKit** permiten distinguir los marcadores que se deseen para realizar el seguimiento de otros objetos en la escena (artoolworks, 2010).

Cuando se tiene el marcador de la ilustración anterior, se utiliza el aplicativo en cuestión para generar un archivo de patrones cuya extensión es *.pat* tal como se ilustra a continuación:

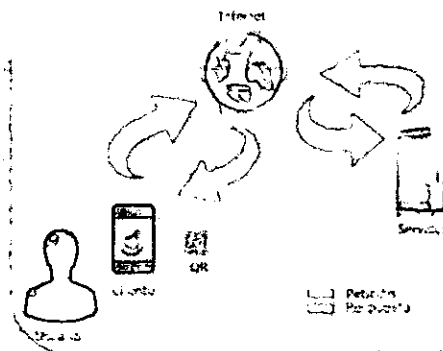
**Ilustración 42: Artoolkit Marker Generator**



Los resultados del desarrollo de esta parte se muestran en un capítulo posterior.

## 9.2.2 Despliegue móvil

**Ilustración 43: Esquema de despliegue móvil**



La investigación de tecnologías inicio con la búsqueda de ejemplos y librerías para dispositivos móviles en Android, Symbian y J2ME las cuales quedan resumidas así:

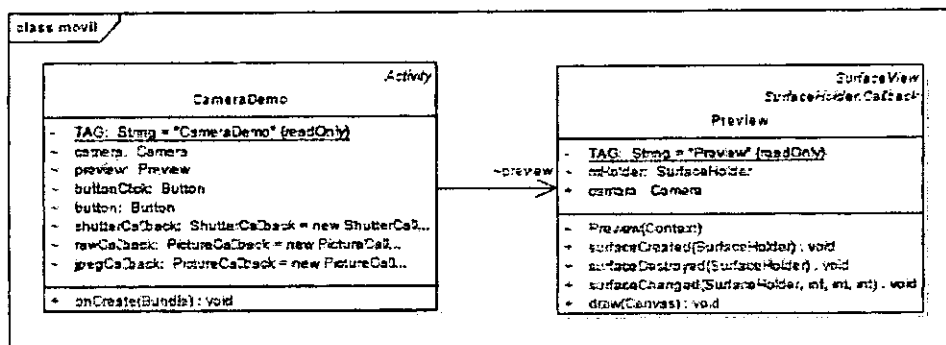
### 9.2.2.1 Android

Al trabajar con la cámara de móviles con Android, previamente en el emulador del Android SDK se debe realizar la aplicación a instalar, por ello se realizaron pruebas para activar la cámara del dispositivo. Para esto, tanto en Eclipse como en Netbeans se hicieron demos con textos y uso de cámara. Para el primero los resultados fueron buenos, para el uso de la cámara la guía fue (tom gibara, 2010). Debido a que el emulador no reconoce la cámara del computador como cámara del móvil se hizo necesario adquirir un celular con sistema operativo Android, a saber Sony Ericson Xperia X10 mini donde se realizaron varias pruebas, instalación de demos y la aplicación final, por tanto esta es la tecnología seleccionada para el desarrollo del proyecto.

En la sección *Despliegue Web* se hizo mención de la librería **NyARToolkit**, siendo esta de mucha utilidad en el desarrollo del aplicativo. El uso de **NyARToolkit** se manifiesta en la aplicación móvil como uno de los productos finales del proyecto ya que para el despliegue con el sistema operativo Android esta librería es útil por su codificación en lenguaje java.

Para acceder a la cámara con el sistema operativo Android se tiene el siguiente diagrama:

Ilustración 44: Reconocimiento de cámara de móvil con Android



Los marcadores usados para esta sección son

Ilustración 45: Marcador 1 propio usado en el proyecto

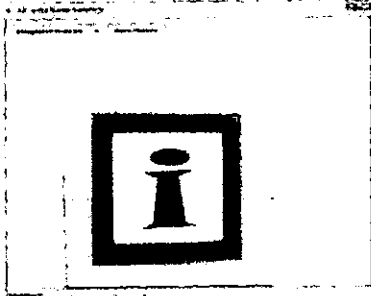


Ilustración 46: Marcador 2 propio usado en el proyecto

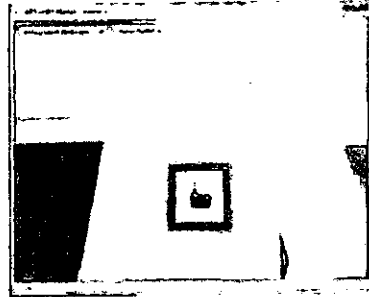
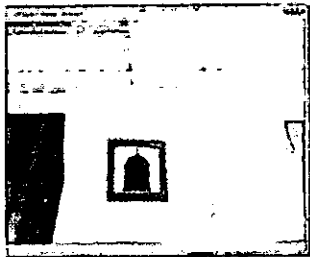


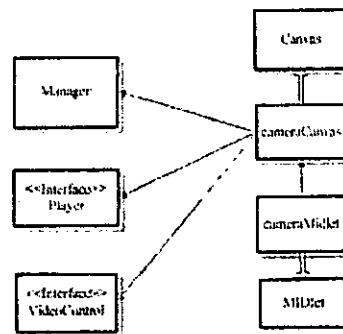
Ilustración 47: Marcador 3 propio usado en el proyecto



### 9.2.2.2 J2ME

J2ME cuenta con un API para acceder a la cámara del móvil. Al ser una plataforma más extendida se contó con dispositivos físicos aparte del emulador para realizar las pruebas. La primera prueba realizada con el MMAPAPI JSR 135, fue reconocer la cámara del móvil. Para ello, las clases y Midlet usados quedan expresados en la ilustración:

Ilustración 48: Reconocimiento de cámara de móvil con J2ME





### 9.2.2.3 Symbian

Las aplicaciones de realidad aumentada para Symbian son realizadas en lenguaje C++ al igual que la librería artoolkit, por tanto es más fácil su desarrollo. Para ello se tomo como referencia algunas aplicaciones disponibles en la web con su respectiva licencia BSD y que fueron mencionadas en el estado del arte, a saber la guía para eso fue (Cellagames) , (CHUNG SUM & HO TUNG, 2006-2007). Al igual que Android y J2ME después de realizado el código fuente de la aplicación, se realizan pruebas en emuladores del sistema en cuestión y posterior en dispositivos físicos específicamente móviles Nokia N97, N82 Y 3120.

### 9.2.3 Tabla comparativa de tecnologías móviles para realidad aumentada

El resultado de la investigación de realidad aumentada móvil, junto a las explicaciones antes mencionadas y la siguiente tabla, ayudaron a decidir que la tecnología adecuada para este proyecto es Android.

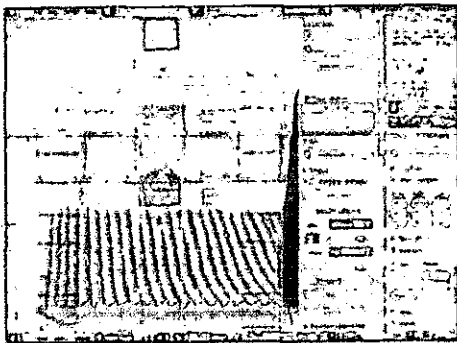
Tabla 4: Cuadro comparativo tecnologías realidad aumentada móvil

Aspectos 	Tecnología 	Symbian	Android	J2me
Uso para la mayoría de celulares		Si	Si	Si
Librería para desarrollo de realidad aumentada		Si	Si	No
Disponibilidad de dispositivos para las pruebas		Si	Si	Si
Ejemplos previos para desarrollo de demos y aplicativo final		Si	Si	No
Tiempo de carga de los ejemplos en el dispositivo móvil		Rápido	Rápido	No aplica
Desarrollo de demos con realidad aumentada		No	Si	No
Desarrollo de aplicativo final		No	Si	No

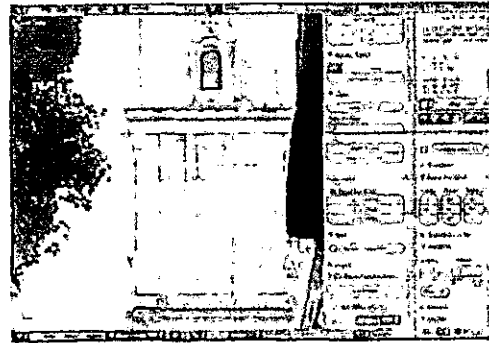
### 9.3 Desarrollo de los modelos a mostrar

En el cuarto objetivo y la fase de elaboración de la metodología RUP planteada, se mencionan la elaboración de los primeros modelos de visualización de los atractivos turísticos seleccionados. Este procedimiento se llevo a cabo con 2 salidas de campo tal como se mencionó en el anteproyecto y desarrollo de este proyecto donde se tomaron fotografías desde diferentes ángulos de la Catedral, la Gobernación de Bolívar y la Escuela de Bellas Artes de Cartagena. A partir de estas fotografías y en colaboración con el semillero de investigación en Inteligencia Computacional vinculado al grupo de investigación GIMATICA se procedió a realizar los modelos en 3D tipo Collada con archivos de extensión .DAE de los atractivos objetos de estudio con la herramienta Blender mencionada anteriormente. Los resultados de este procedimiento se muestran en los resultados de la investigación. En las ilustraciones de abajo se muestra el desarrollo de los modelos 3D en la herramienta mencionada.

**Ilustración 49: Evidencia 1 desarrollo modelos de la Catedral**



**Ilustración 50: Evidencia 2 desarrollo modelo de la Catedral**



### 9.4 Requerimientos

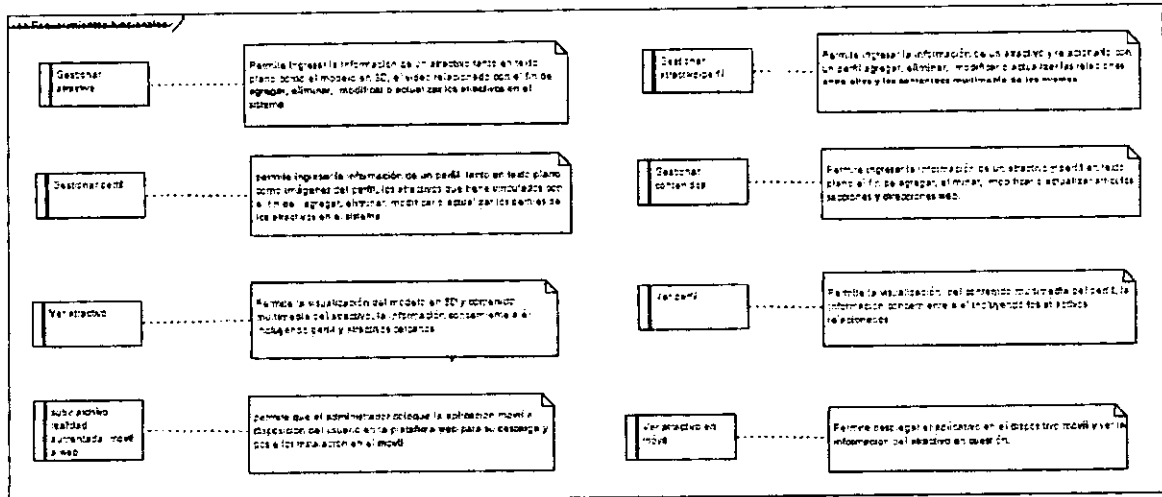
Actividad que corresponde a la fase de inicio de la metodología RUP mencionada en el procedimiento. En esta sección se muestran y explican los requerimientos vinculados al proyecto.



## 9.4.1 Funcionales

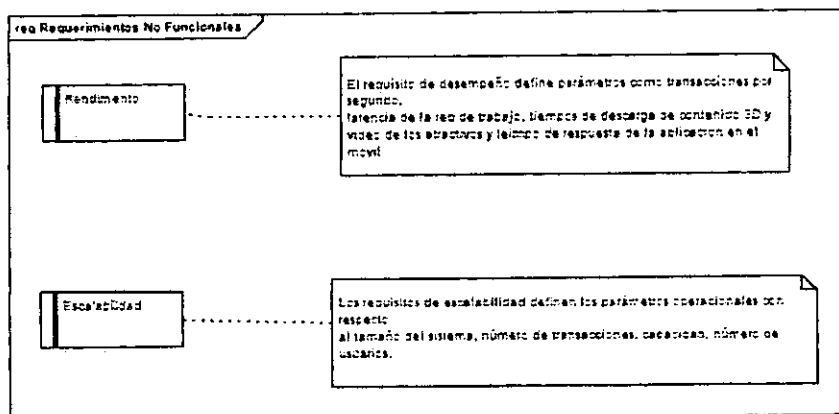
IDENTIFICACIÓN	NOMBRE DEL CASO DE USO	DESCRIPCIÓN DEL REQUERIMIENTO	ACTOR
R1	Gestionar atractivo	Permite ingresar la información de un atractivo tanto en texto plano como el modelo en 3D, el video relacionado con el fin de agregar, eliminar, modificar o actualizar los atractivos en el sistema	Administrador
R2	Gestionar perfil	permite ingresar la información de un perfil tanto en texto plano como imágenes del perfil, los atractivos que tiene vinculados con el fin de agregar, eliminar, modificar o actualizar los perfiles de los atractivos en el sistema	Administrador
R3	Gestionar atractivo-perfil	Permite ingresar la información de un atractivo y relacionarlo con un perfil agregar, eliminar, modificar o actualizar las relaciones entre ellos y los contenidos multimedia de los mismos.	Administrador
R4	Gestionar contenidos	Permite ingresar la información de un atractivo y perfil en texto plano el fin de agregar, eliminar, modificar o actualizar artículos, secciones y direcciones web.	Administrador
R5	Ver atractivo	Permite la visualización del modelo en 3D y contenido multimedia del atractivo, la información concerniente a él incluyendo perfil y atractivos cercanos.	Administrador-visitante
R6	Ver perfil	Permite la visualización del contenido multimedia del perfil, la información concerniente a él incluyendo los atractivos relacionados.	Administrador-visitante
R7	Ver atractivo en móvil	Permite desplegar el aplicativo en el dispositivo móvil y ver la información del atractivo en cuestión.	visitante
R8	Subir archivo realidad aumentada móvil a web	permite que el administrador coloque la aplicación móvil a disposición del usuario en la plataforma web para su descarga y posterior instalación en el móvil	Administrador

Ilustración 51: Requerimientos funcionales



### 9.4.2 No funcionales

Ilustración 52: Requerimientos no funcionales



## 9.5 Macro arquitectura

### 9.5.1 Vista de casos de uso- escenarios

Ilustración 53: Caso de uso para administrador

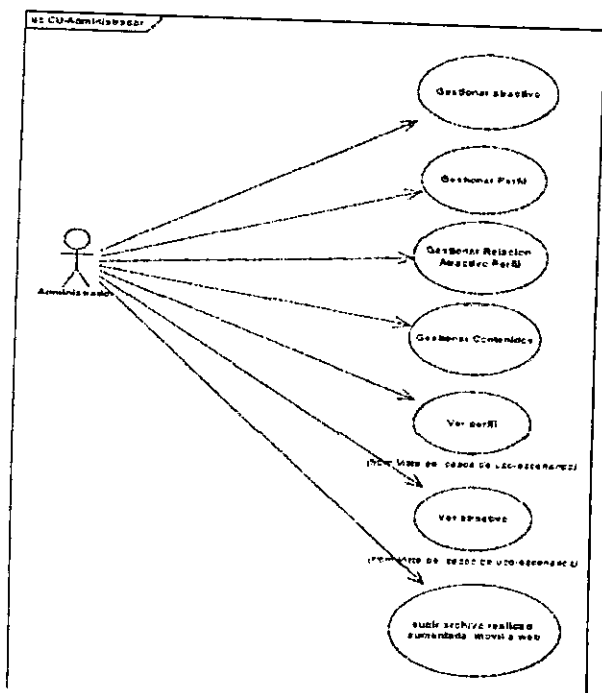
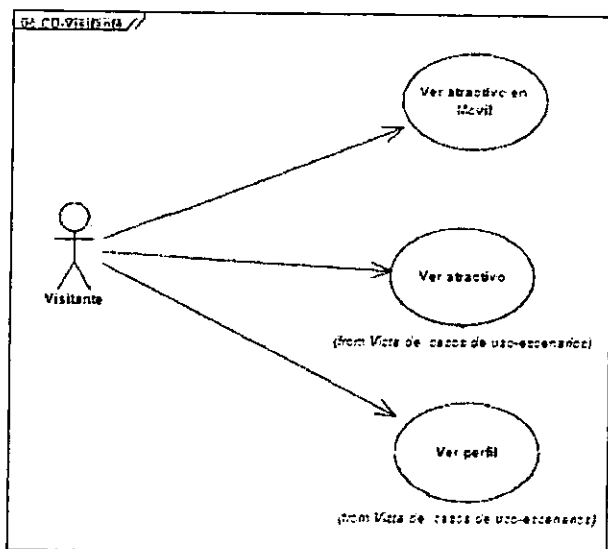


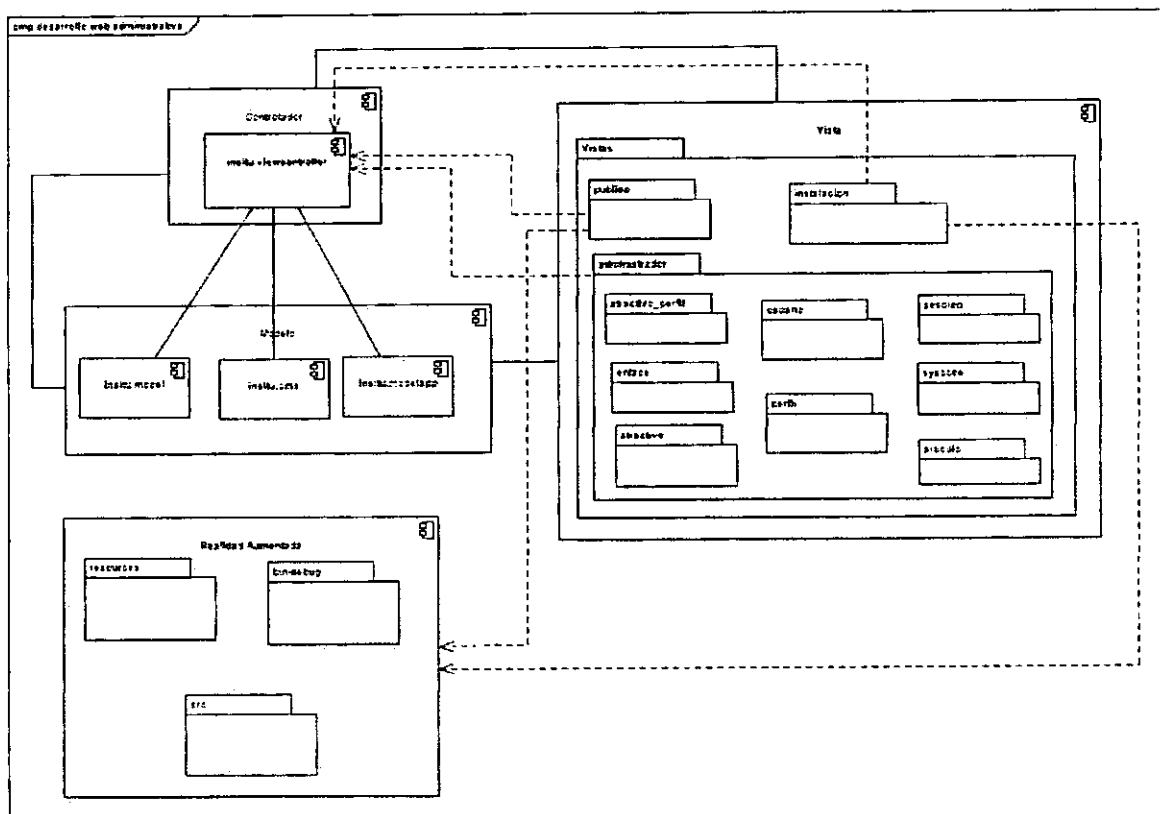
Ilustración 54: Caso de uso para visitante



## 9.5.2 Vista de desarrollo

La vista de desarrollo se enfoca en la organización de los módulos software en el entorno de desarrollo. El software es empaquetado en pequeños trozos (librerías de programa, subsistemas, componentes, etc.), los subsistemas se organizan en capas jerárquicas, y cada capa proporciona una interfaz bien definida a sus capas superiores.

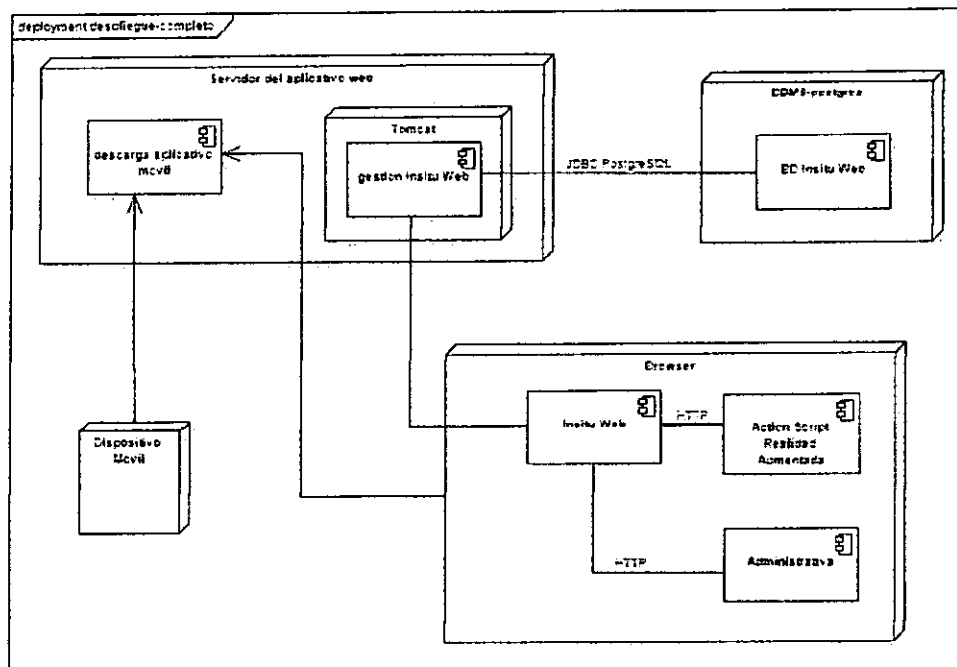
Ilustración 55: Vista de desarrollo parte web administrativa



En este diagrama se esquematiza la interacción entre los componentes de acuerdo a la arquitectura de capas, las cuales son: Modelo, Vista, Controlador y una capa de Realidad Aumentada. En la capa de Modelo se encuentra el componente de las entidades del sistema, las clases que permiten la conexión con la base de datos y la gestión de contenidos. La capa Controlador contiene las clases necesarias para la conexión entre el Modelo y el usuario. La capa Vista permite el despliegue de la información y los resultados de la lógica del negocio (modelo). Por último la capa de Realidad Aumentada se relaciona con la capa vista para visualizar el contenido en 3D y multimedia con esta tecnología.

### 9.5.3 Vista Física

Ilustración 56: Diagrama de despliegue



El diagrama de despliegue esquematiza las relaciones entre los principales componentes del sistema de guía turístico basado en realidad aumentada para Cartagena de Indias. De forma física se encuentra el servidor de base de datos que muestra el ambiente persistente de la plataforma el cual contempla la información en texto plano, contenido multimedia y 3D que se visualizará. El servidor del aplicativo web apoyado con Apache Tomcat como contenedor de servlet para la gestión de la información interconectado con la base de datos y sirve a la vez para la visualización del portal web. Por otro lado cuenta con el alojamiento de la aplicación de realidad aumentada móvil que posteriormente será descargada desde el cliente web o desde el móvil para su utilización en el mismo. Por último se cuenta con el Cliente Web que son los diferentes equipos desde los cuales se podrá acceder al portal insitu web para gestionar la información como administrador del sitio o para interactuar con el mismo como visitante y para descargar el aplicativo móvil.

### 9.5.4 Vista de proceso

Esta vista especifica que hilo de control ejecuta cada operación identificada en cada clase identificada en la vista lógica. La vista se centra por tanto en la concurrencia y distribución de procesos.

#### Diagrama de actividades

Ilustración 57: Diagrama de actividades visitante web

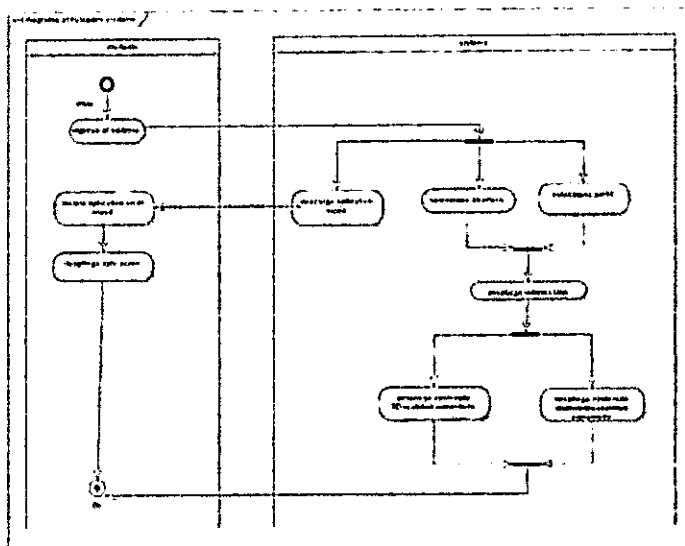
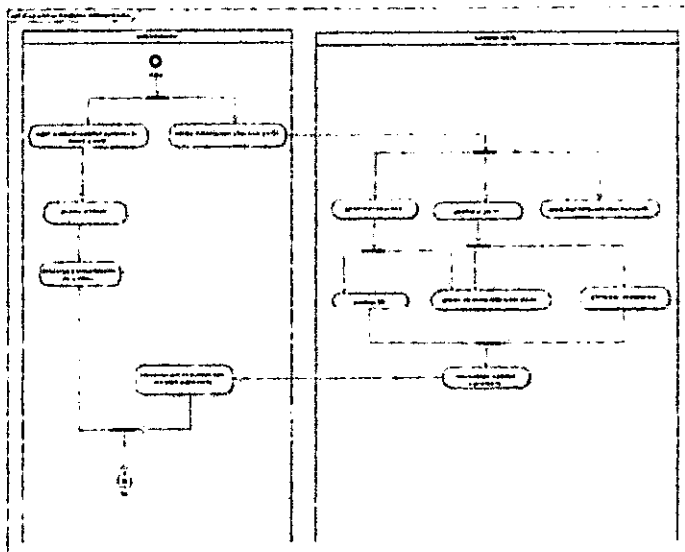


Ilustración 58: Diagrama de actividades administrador web



#### Diagrama de secuencia

Ilustración 59: Diagrama de secuencia visitante

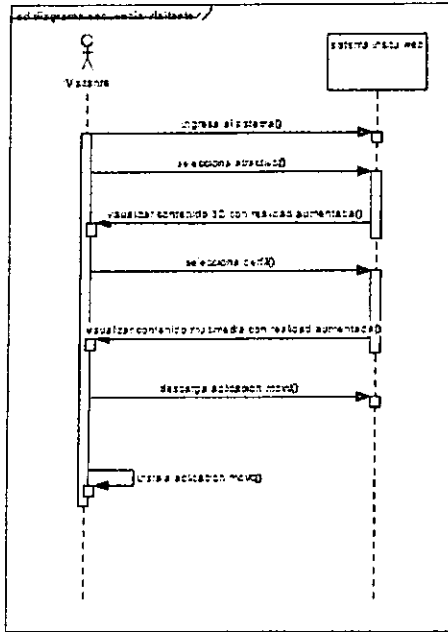
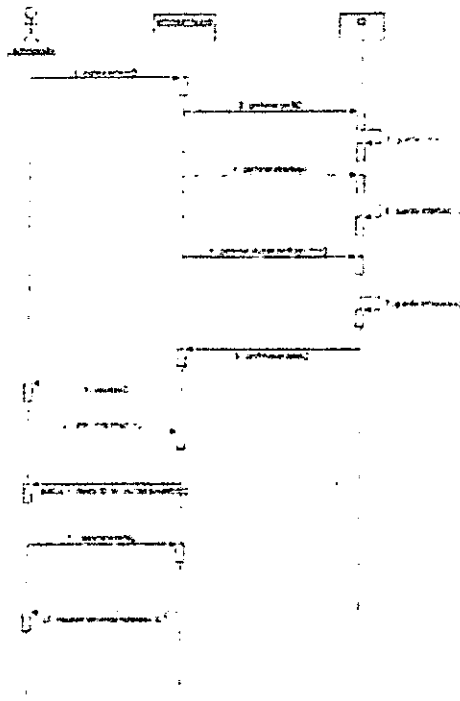


Ilustración 60: Diagrama de secuencia administrador



### 9.5.5 Vista Lógica

Soporta el análisis y la especificación de los requisitos funcionales: lo que el sistema debería proporcionar en términos de servicios a sus usuarios. El sistema se descompone en un conjunto de abstracciones clave tomadas mayormente del dominio del problema, en forma de objetos o clases.

Ilustración 61: Diagrama de clases para gestión Insitu web

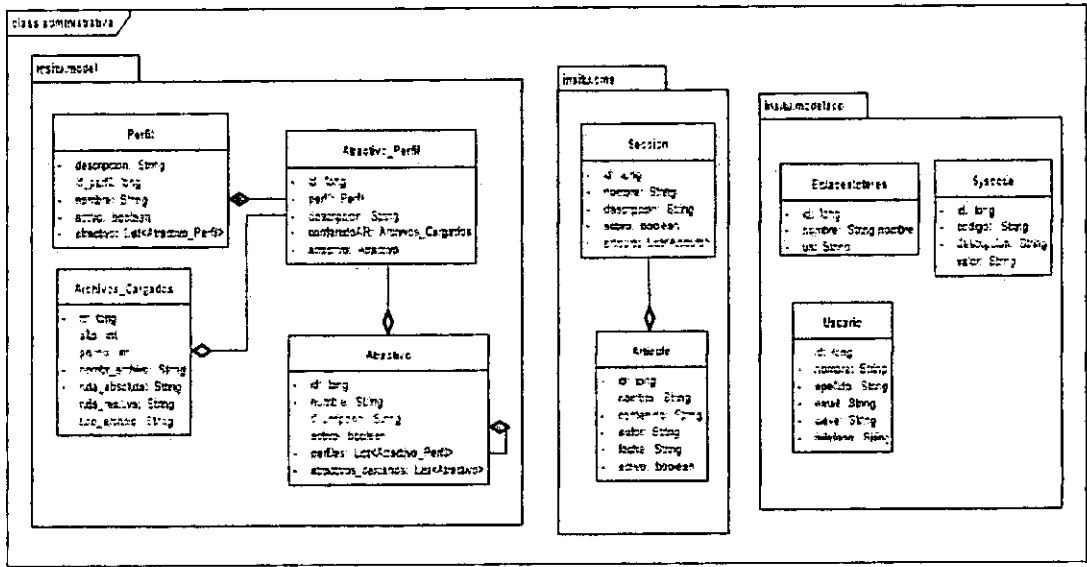


Ilustración 62: Diagrama de clases para desarrollo de realidad aumentada web

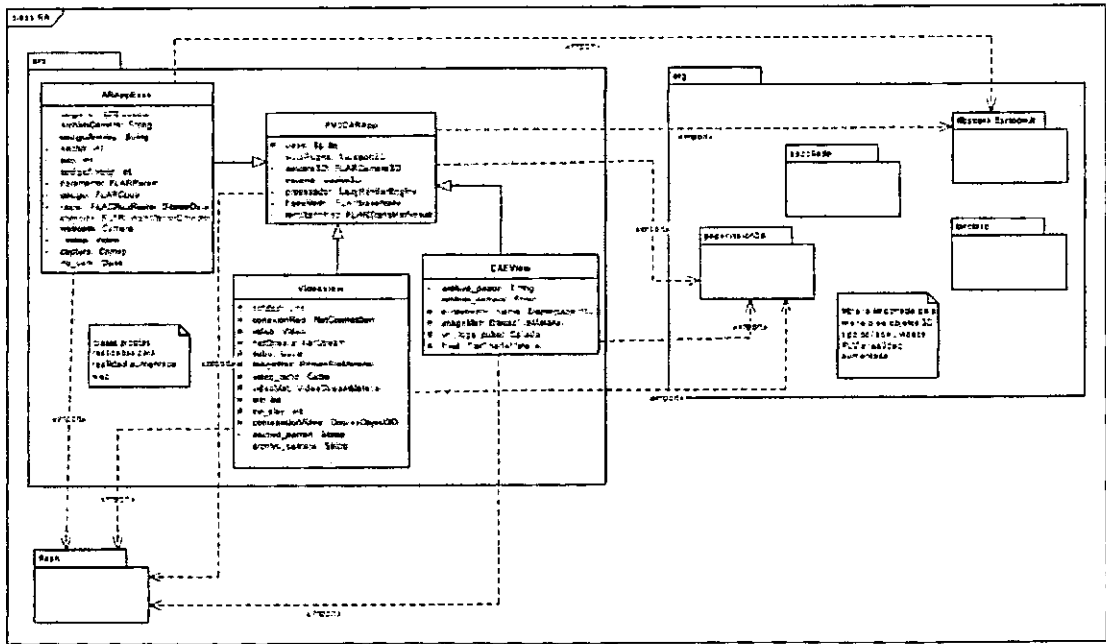
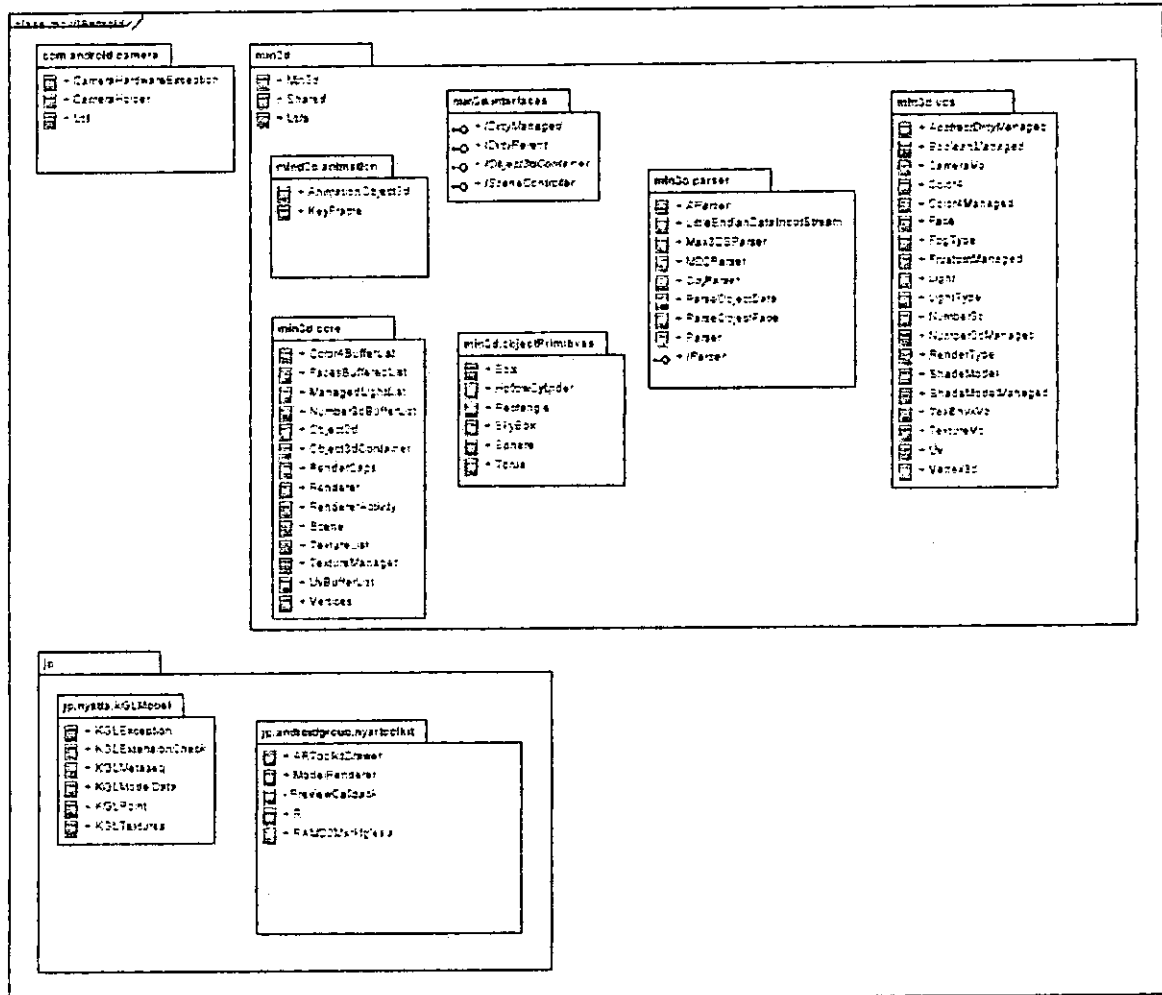




Ilustración 63: Distribución de clases y paquetes realidad aumentada móvil





## 10. RESULTADOS

En la metodología se mencionaron procedimientos para obtener resultados concretos en la investigación. Dichos resultados son:

**INVENTARIO DE LOS ATRACTIVOS TURÍSTICOS DE LA CIUDAD DE CARTAGENA:** Resultado de la investigación de los atractivos turísticos de la ciudad de Cartagena de indias y que sirvió para seleccionar los objetos de estudio del centro histórico de la ciudad mencionados en la sección 9.1, los cuales son:

- Actual Gobernación del Departamento de Bolívar (antes llamado Palacio de Gobierno)
- Catedral, también conocida como Basilica Menor
- Actual Escuela de Bellas Artes y Ciencias de Bolívar (antes Convento de San Diego)

La estructuración del inventario se realizó teniendo en cuenta los perfiles de los atractivos y la información obtenida por los autores Porto R (Porto Cabrales, 2007) y Menco E (Menco Dorta, 2001). Los atractivos antes mencionados fueron los elegidos debido a que vinculan perfiles históricos, religiosos y arquitectónicos de forma simultánea.

El inventario final es el siguiente y adicional se puede observar el mismo en el sistema web.

# INVENTARIO ATRACTIVOS HISTÓRICOS CARTAGENA DE INDIAS

CLASIFICACIÓN							
UBICACIÓN: Centro Histórico							
SITIOS RELIGIOSOS	PLAZAS Y PARQUES	CALLES	CASAS	MUSEOS Y TEATROS	SITIOS ARQUITECTONICOS	PALACIOS	OTROS
-Iglesia de Santo Domingo	-Plaza de la aduana	-Calle de la sierpe	-Casa del marqués valdehoyos	-Museo del oro	-Las murallas	-Palacio de gobierno	-Bahía de las animas
-La catedral	-Plaza de Bolívar	-Calle de las damas	-Casa del marqués de premio real	-Museo de arte moderno	-Baluartes del centro	-Palacio de justicia	-Torre del reloj
-Convento de san Agustín	-Plaza de los coches	-Calle de los estribos	-Casa de la moneda y del consulado	-Museo naval		-Palacio de la inquisición	-Circo teatro
-Iglesia y monasterio san Pedro Clavel	-Parque centenario	-Calle del quero		-Teatro de Heredia			-Portal de los dulces
-Iglesia de Santo Toribio	-Plaza de armas	-Calle de san Andrés					
-Claustro de la Merced	-Plaza san Pedro Claver	-Calle don sancho					
-Antiguo conjunto religioso de Santa Teresa	-Plaza de la proclamación	-Calle gastelbondo					
	-Parque Fernández Madrid	-Calle la mantilla					
	-Plaza de la trinidad	-Calle Ricaurte					
		-Calle nuestra señora del Carmen					
	-Plaza de santo domingo	-Calle nuestra señora del río					
	-Parque de la marina						

-Plaza de la paz						
-Plaza de la merced						
-Plaza de la universidad						
-Camellón de los mártires						
-Plaza Cervantes de						
-Plaza del pozo						

**UBICACIÓN: San Diego**

<b>SITIOS RELIGIOSOS</b>	<b>PLAZAS</b>	<b>CALLES</b>	<b>SITIOS ARQUITECTONICOS</b>
-Conjunto Religioso de Santa Clara y San Diego	-La Serrezuela	-San Diego	-Baluartes de San Diego -Las bóvedas

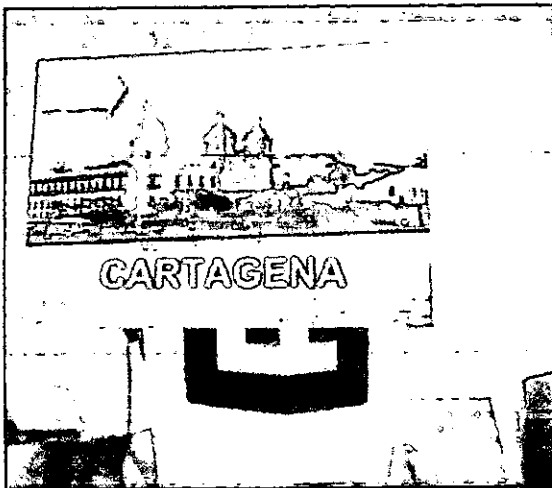
UBICACIÓN: Getsemani			
SITIOS RELIGIOSOS	OTROS	CALLES	SITIOS ARQUITECTONICOS
-Conjunto Religioso de San Francisco	-Muelle de los pegasos	-Getsemani	-Baluartes de Getsemani
-Iglesia de la Trinidad Y San Roque	-Centro de convenciones	-El Arsenal	
	-Centro Comercial Getsemani		

UBICACIÓN: Afueras del Centro Histórico- Extramuros			
MONUMENTOS	CALLES	SITIOS ARQUITECTONICOS	CASAS
-India Catalina	-El cabrero	-Castillo y Faro de Santa Cruz	-Casa de Rafael Núñez
-Monumento a los Océanos		-Fuerte del Pastelillo	
-Monumento a los Zapatos Viejos		-Castillo San Felipe de Barajas	
		-Fuerte de San Fernando y San José	
		-Fuerte del Ángel San Rafael	

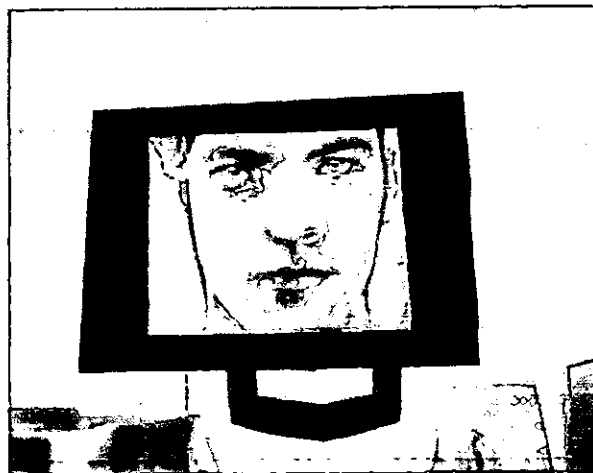
**SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA DESARROLLO DEL PROYECTO Y PRIMEROS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN:** Otros resultados en la investigación fueron los primeros demos de realidad aumentada los cuales fueron presentados en un evento regional y local (octubre de 2010). Dichos demos constan de una muestra para visualización de videos con formato flv y otra con secuencias de imágenes.

Para el desarrollo de esto, se utilizo la tecnología de realidad aumentada con la libreria FLARToolkit mencionada en la sección de selección de tecnología adecuada. Las siguientes imágenes son muestra de ello:

**Ilustración 65: Primer resultado de la Investigación**

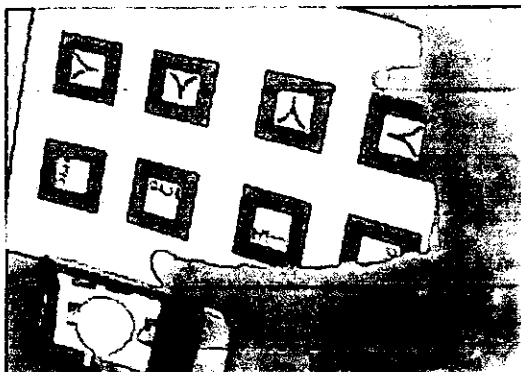


**Ilustración 66: Segundo resultado de la Investigación**



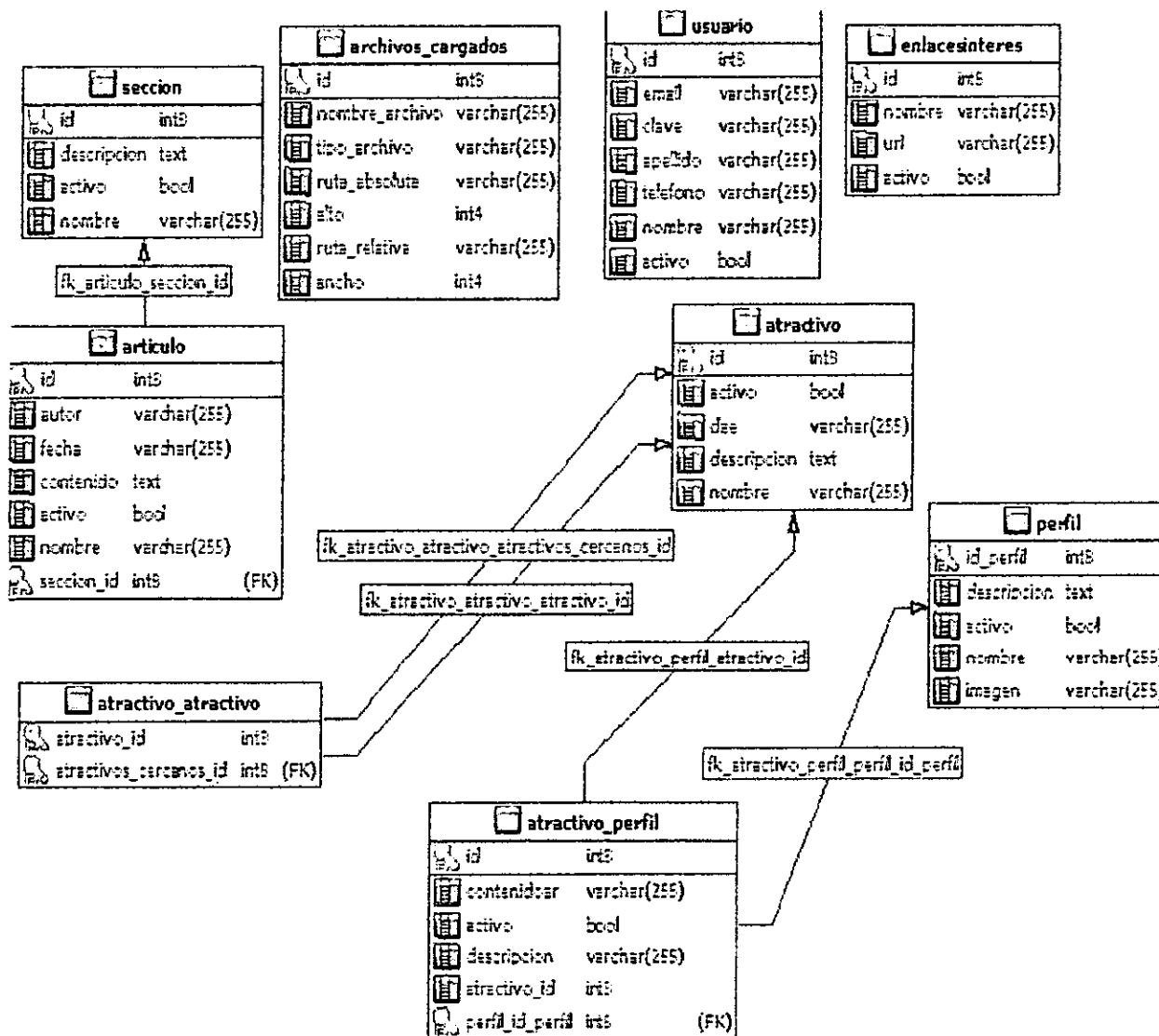
Para el desarrollo de aplicaciones móviles con realidad aumentada, la tecnología seleccionada fue Android (explicado en secciones anteriores). Los primeros ejemplos y guía para esto fueron obtenidos de la página de Android Developers. Los demos y el aplicativo final se encuentran en la carpeta de anexos y la siguiente ilustración es evidencia de ello.

**Ilustración 67: primer resultado Investigación realidad aumentada con android**



**DISEÑO DE LA BASE DE DATOS:** Resultado obtenido para almacenar la información de los atractivos, modelos y contenido para desarrollo de realidad aumentada y de la información concerniente a los atractivos turísticos del centro histórico de la ciudad objetos de estudio del proyecto en un portal web. Dicha base de datos es la siguiente:

**Ilustración 68: Esquema de base de datos**



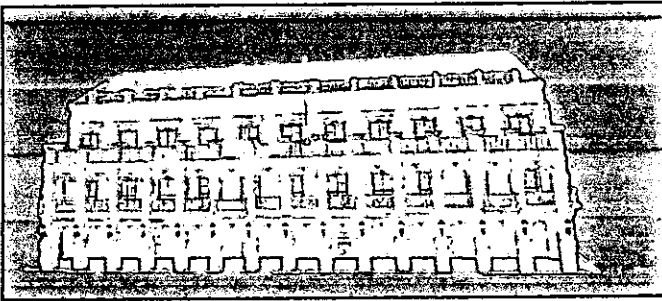
El diagrama muestra las entidades relevantes para el sistema de guía turístico así como las interrelaciones y las propiedades de las mismas.



**DESARROLLO DE LOS MODELOS DE VISUALIZACIÓN DE LOS ATRACTIVOS:** Los modelos en 3D de los atractivos objetos de estudio son los mostrados a continuación y fueron los seleccionados debido a la información histórica que contienen y a los diferentes ángulos de vista para el desarrollo de tales modelos.

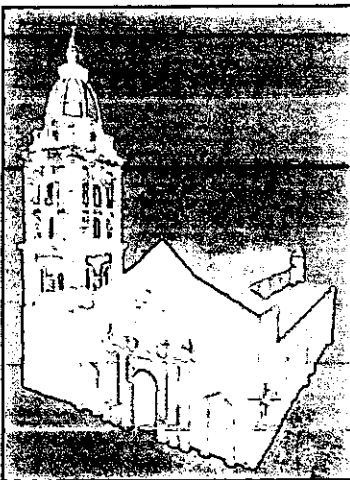
- Actual Gobernación del Departamento de Bolívar (antes llamado Palacio de Gobierno)

**Ilustración 69: Modelo de la Gobernación**



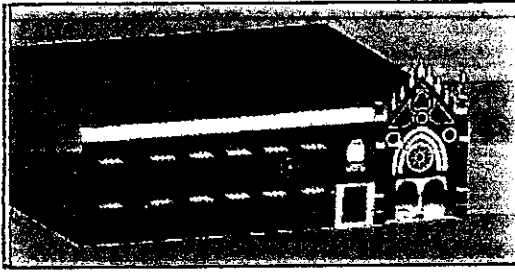
- Catedral, también conocida como Basílica Menor

**Ilustración 70: Modelo de la Catedral**



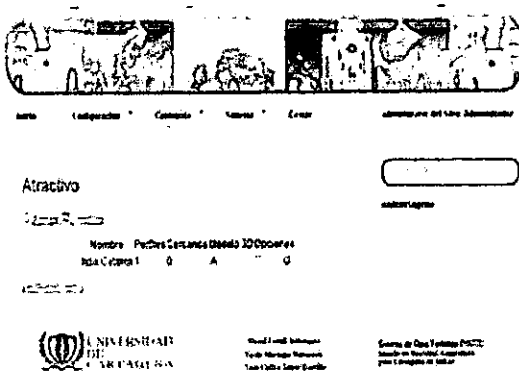
- Actual Escuela de Bellas Artes y Ciencias de Bolívar (antes Convento de San Diego)

Ilustración 71: Modelo Bellas Artes



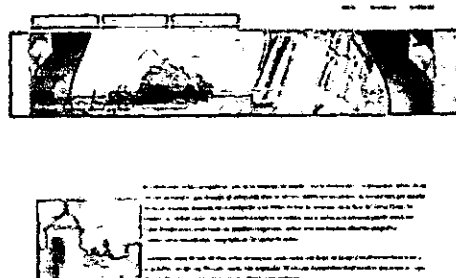
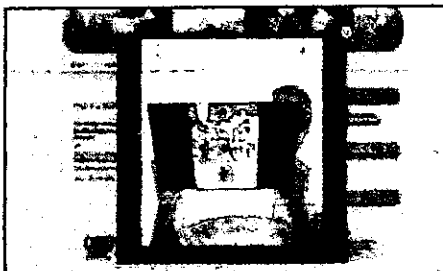
**GESTIÓN DEL APLICATIVO WEB CON REALIDAD AUMENTADA:** Como resultado para la gestión del aplicativo web se tiene un marco de trabajo para el desarrollo de este, el cual es esquematizado en el código fuente entregado. En esta sección, se gestiona la información de los atractivos, de los perfiles, de la relación entre estos, el contenido multimedia y la subida de objetos en 3D relacionado con el atractivo en cuestión. La visualización es por medio de realidad aumentada tanto para el atractivo como del perfil relacionado al mismo y su información concerniente. La muestra de tal gestión es la siguiente ilustración:

Ilustración 72: Gestión insitu-parte administrativa

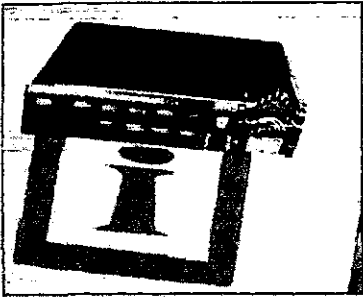


**DESPLIEGUE WEB CON REALIDAD AUMENTADA:** resultado correspondiente a la visualización del contenido multimedia y 3D de los atractivos mencionados en el transcurso de la investigación con su respectiva información historia lo cual hace que la visita virtual sea más llamativa e innovadora. Las siguientes ilustraciones muestran el despliegue.

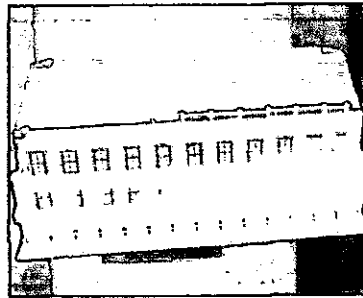
Ilustración 73: Despliegue multimedia de insitu web de Ilustración 74: Página de inicio del portal web



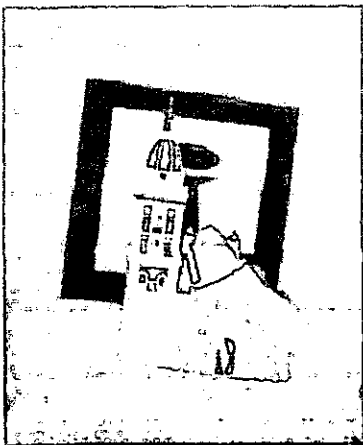
**Ilustración 75: Despliegue bellas artes**



**Ilustración 76: Despliegue gobernación**



**Ilustración 77 Despliegue Catedral**

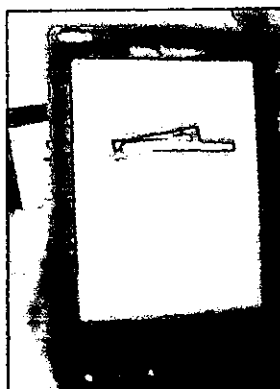


**DESPLIEGUE MOVIL CON REALIDAD AUMENTADA:** resultado correspondiente a la visualización del contenido del atractivo en cuestión por medio de los dispositivos móviles con el sistema operativo Android descrito en la sección **Estudio y selección de tecnología adecuada** lo cual hace que la guía turística sea *insitu*. La siguiente ilustración muestra el despliegue.

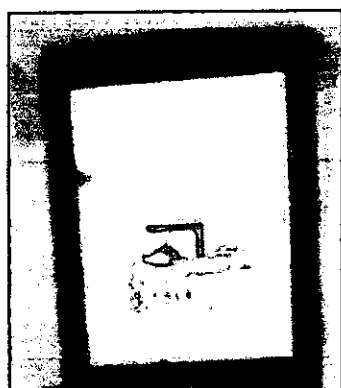
**Ilustración 78: Despliegue bellas artes en movil Android**



**Ilustración 79: Despliegue Gobernación en movil Android**



**Ilustración 80 Despliegue Catedral en movil Android**

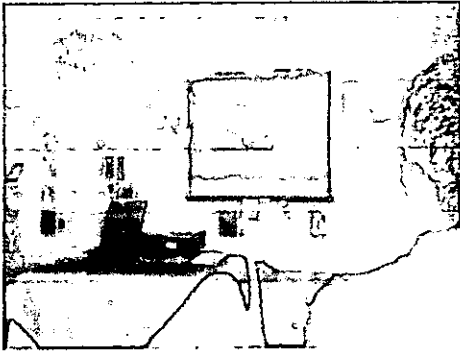


Los modelos de visualización disponibles para el aplicativo móvil difieren un poco de los modelos disponibles para el aplicativo web por las siguientes razones:

- El aplicativo móvil tiene una utilidad insitu, es decir en el sitio seleccionado, por tanto se reconstruye por medio del modelo en 3D el lugar como era en sus inicios.
- El aplicativo web se utiliza en cualquier momento y lugar lo cual permite que los modelos en 3D muestren el lugar tal como es actualmente.

**OTROS RESULTADOS:** creación de un artículo sobre la investigación y participación en un evento a nivel local regional o nacional con una ponencia. Tal participación se efectuó en el mes de octubre de 2010 a nivel regional en el MES DE LA INGENIERIA 2010 organizado por la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA CUC, Barranquilla. La presentación a nivel local fue el mismo mes en la Universidad de Cartagena en el marco de encuentro de semilleros. Con relación a la publicación del artículo, hasta la fecha este se encuentra en evaluación para el evento CLEI 2011 (Centro Latinoamericano de Estudios en Informática) que se efectuara en octubre de 2011 en la ciudad Quito. De ser aprobado en tal evento se podrá exponer los resultados de la investigación.

Ilustración 81: Presentación a nivel regional



**EVIDENCIAS DE FUNCIONAMIENTO APLICATIVO WEB SECCIÓN DE ADMINISTRACIÓN:** Para la parte web administrativa las siguientes imágenes corresponden a la subida de archivos, visualización de contenidos, modelos en 3D y validación del ingreso correcto de la información a mostrar.

Ilustración 82: Subida de archivos

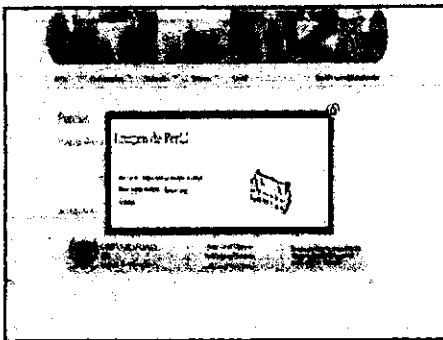


Ilustración 83: Configuración del sistema

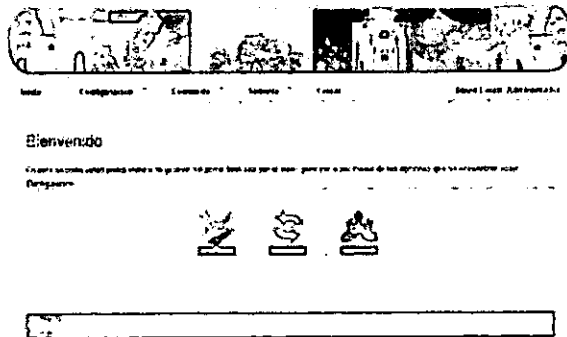
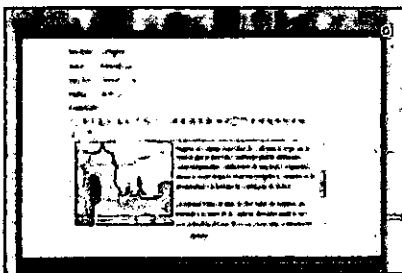
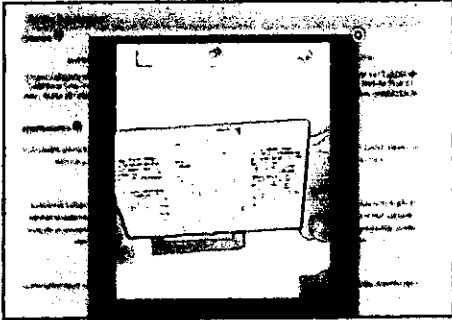


Ilustración 84: Gestión de contenidos

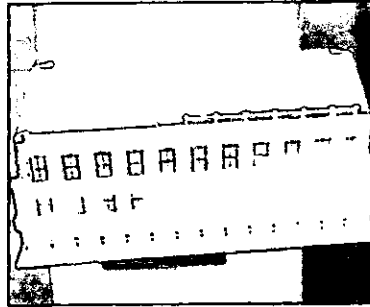


En la parte pública para interactuar con realidad aumentada los pantallazos corresponden a la visualización del contenido multimedia de los perfiles de los atractivos y del modelo en 3D del mismo.

**Ilustración 85: visualización de contenido multimedia con RA**

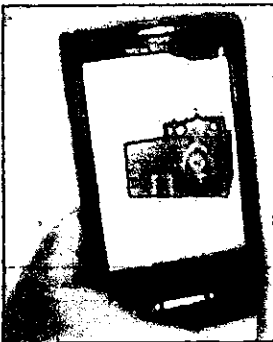


**Ilustración 86: visualización de modelo 3D con RA**



En la aplicación móvil se muestran los modelos en 3D de los sitios seleccionados con un correspondiente audio que narra información pertinente del lugar.

**Ilustración 87: Despliegue móvil con realidad aumentada**



**PRUEBAS DE SOFTWARE:** Corresponden al objetivo cinco del proyecto y la fase de transición de la metodología RUP. Como resultado de esto, se realizaron pruebas de caja negra tomando como plantilla el documento del **Anexo A** y una encuesta de satisfacción para usuarios finales del sistema tomando como plantilla el documento del **Anexo B**.

### PRUEBAS DE CAJA NEGRA

Estas pruebas se realizan sobre la interfaz del software. Se enfocan sobre los requerimientos funcionales establecidos y la funcionalidad del sistema. Para esto, los casos de prueba pretenden demostrar que las funciones del software son operativas, que la entrada se acepta de forma adecuada y que se produce una salida correcta. (University of Almeria)

Las pruebas de caja negra intentan hallar los siguientes errores:

1. Funciones incorrectas o ausentes
2. Errores de interfaz
3. Errores de estructuras de datos o en accesos a la BD
4. Errores de rendimiento
5. Errores de inicialización y de terminación

#### Requerimientos funcionales a entregar

- Gestionar perfil
- Gestionar atractivo
- Gestionar atractivo-perfil
- Gestionar contenido
- Ver atractivo
- Ver perfil
- Subir archivo realidad aumentada móvil a la web
- Ver atractivo en dispositivo móvil

Para cada uno de estos requerimientos se plantean casos de prueba con la técnica **análisis de valores límites**.

En el anexo A se detalla la forma para realizar el caso de prueba, donde se encuentra la fila *resultados esperados*, es decir los valores que se esperan obtener de acuerdo a lo desarrollado. Las filas siguientes son los resultados reales que arrojó el sistema al realizar las pruebas en diferentes intentos. Los resultados se muestran a continuación.

## REQUERIMIENTO GESTIONAR PERFIL

### Caso de prueba: Agregar Perfil

DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	<b>Nombre Perfil Religioso</b> <u>Descripción:</u> Perfil que contempla los sitios de la ciudad que en la antigüedad sirvieron como recinto de personas devotas de fe al servicio de Dios.	Colocar el nombre del perfil Vacio Colocar la descripción vacía	Nombre de un perfil a crear con el mismo nombre de una perfil existente en el sistema.
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y crea el nuevo perfil</i>	<i>No acepta los datos y pide ingresar un nombre para el perfil</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay un perfil existente con el mismo nombre y solicita introducir un nombre diferente.</i>
<b>RESULTADO OBTENIDO</b>	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese nombre para el perfil

### Caso de prueba: Editar Perfil

DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	<b>Nombre Perfil Religioso</b> <u>Descripción:</u> Editando perfil	Cambiar el nombre del perfil Religioso igual al arquitectónico, es decir uno existente en el sistema	
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y edita el perfil</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay un perfil existente con el mismo nombre y solicita introducir un nombre diferente.</i>	
<b>RESULTADO OBTENIDO</b>	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese nombre para el perfil	



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
BIBLIOTECA FERNÁNDEZ DE MADRID  
CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN



## REQUERIMIENTO GESTIONAR ATRACTIVO

### Caso de prueba: Agregar Atractivo

DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	<u>Nombre:</u> Iglesia catedral de santa catalina de alejandria <u>Descripción:</u> Llamada la Basílica Menor Seleccionar un atractivo cercano	Colocar el nombre del atractivo Vacío Colocar la descripción vacía	nombre de un atractivo a crear con el mismo nombre de un atractivo existente en el sistema.
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y crea el nuevo atractivo</i>	<i>No acepta los datos y pide ingresar un nombre para el atractivo</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay un atractivo existente con el mismo nombre y solicita introducir un nombre diferente.</i>
RESULTADO OBTENIDO	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese nombre para el atractivo

### Caso de prueba: Editar Atractivo

DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	<u>Nombre:</u> Iglesia catedral de santa catalina de alejandria <u>Descripción:</u> Llamada la Basílica Menor Seleccionar un atractivo cercano Subir galería de imágenes Subir el modelo.dae	Colocar el nombre del perfil Vacío Colocar la descripción vacía	nombre de un atractivo a editar con el mismo nombre de un atractivo existente en el sistema.
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y edita el nuevo atractivo</i>	<i>No acepta los datos y pide ingresar un nombre para el atractivo</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay un atractivo existente con el mismo nombre y solicita introducir un nombre diferente.</i>
RESULTADO OBTENIDO	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese nombre para el atractivo

### REQUERIMIENTO GESTIONAR ATRACTIVO-PERFIL

#### Caso de prueba: Agregar Perfil-Atractivo

<b>DATOS DE ENTRADA</b>	<i>Valor fácil de comprobación</i>	<i>Valores extremos</i>
Datos para el caso	Seleccionar de la lista atractivo Edificio gobernación Seleccionar de la lista perfil arquitectónico Descripción: algo relacionado con la construcción de la gobernación Subir un archivo en fomato flv que contiene la información a mostrar de la relacion	No seleccionar ningún elemento de las listas
<i>Resultados esperados</i>	<i>Acepta este dato de entrada y crea la nueva relacion</i>	<i>No acepta los datos y pide seleccionar los elementos de las listas</i>
<b>RESULTADO OBTENIDO</b>	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia

## REQUERIMIENTO GESTIONAR CONTENIDOS

### Caso de prueba: Agregar Sección

DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	NOMBRE: General Descripción: sección que contiene artículos sobre Cartagena	Colocar el nombre de la sección Colocar la descripción vacía	nombre de una sección a crear con el mismo nombre de una existente en el sistema.
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y crea la nueva sección</i>	<i>No acepta los datos y pide ingresar un nombre para la sección</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay una sección existente con el mismo nombre y solicita introducir un nombre diferente.</i>
RESULTADO OBTENIDO	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese nombre para la sección

### Caso de prueba: Agregar Artículo

DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	Nombre: información Tecnológica Autor: David Sección: Tecnologías Fecha: 02-08-2011 Contenido: la realidad aumentada permite interactúan con objetos 3D en tiempo real	Nombre vacío Autor vacío Sección vacía Fecha vacía Contenido vacío	Nombre del artículo a crear con el mismo nombre de uno existente en el sistema
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y crea el nuevo artículo</i>	<i>No acepta los datos y pide ingresar los campos requeridos</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay un artículo existente con el mismo nombre y solicita introducir un nombre diferente.</i>
RESULTADO OBTENIDO	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese nombre para el artículo

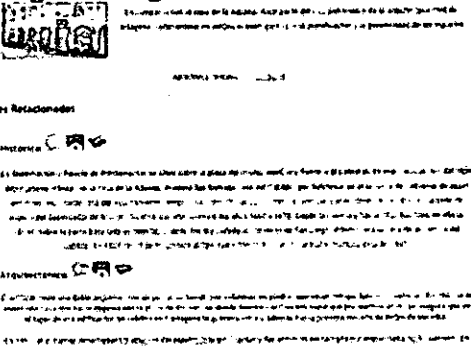
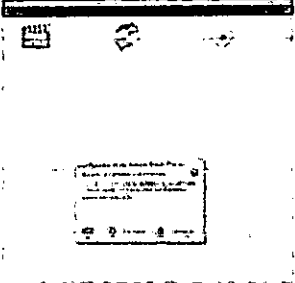
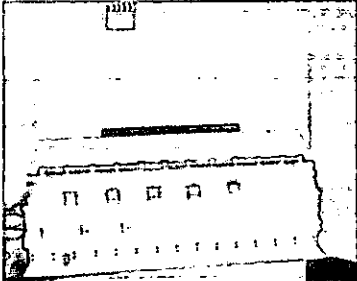
**Caso de prueba: Agregar Usuarios**


DATOS DE ENTRADA	Valor fácil de comprobación	Valores extremos	
Datos para el caso	Email: davidlorett24@hotmail.com Nombre: David Apellido: Lorett Clave: 123456 Confirmar clave: 123456 Teléfono: 3002776144	colocar el campo mail vacío colocar el campo clave vacío	Correo a ingresar igual a uno existente en el sistema
Resultados esperados	<i>Acepta este dato de entrada y crea el nuevo usuario</i>	<i>No acepta los datos y pide ingresar esos campos pues son requeridos</i>	<i>No acepta este valor debido a que hay un usuario existente con el mismo correo y solicita introducir uno diferente.</i>
RESULTADO OBTENIDO	Mensaje <small>La operación se ha completado correctamente.</small>	Muestra el mensaje de advertencia	Muestra el mensaje de advertencia y no acepta ese usuario en el sistema.

**NOMBRE DEL CASO DE PRUEBA: Ver Perfil**

DATOS DE ENTRADA PARA CASO DE PRUEBA	Valor fácil de comprobación
Datos de los casos de prueba	Seleccionar perfil académico
Resultados esperados	Ingresa a la página de atractivos pertenecientes al perfil
Resultados obtenidos en prueba 1	Ingresa satisfactoriamente

**NOMBRE DEL CASO DE PRUEBA: Ver atractivo**

<p>DATOS DE ENTRADA PARA CASO DE PRUEBA</p>	<p>Valor fácil de comprobación</p>
<p>Datos de los casos de prueba</p>	<p>                     Seleccionar atractivo                      Seleccionar perfil relacionado                      Imprimir marcador                      Seleccionar ver realidad aumentada                      Seleccionar ver modelo DAE                      Seleccionar ver video                 </p>
<p>Resultados esperados</p>	<p>Se espera que al seleccionar el perfil relacionado con el atractivo se despliegue lo siguiente</p>  <p>Al seleccionar la realidad aumentada se muestra</p>  <p>Seleccionar ver DAE</p>  <p>Al seleccionar el video</p>

	
Resultados obtenidos en prueba 1	Al seleccionar todo se visualiza el contenido multimedia y 3D con realidad aumentada

**Nombre del caso de prueba: Subir archivo realidad aumentada móvil a la web**

DATOS DE ENTRADA PARA CASO DE PRUEBA	<i>Valor fácil de comprobación</i>
Datos de los casos de prueba	Ir a atractivo y subir el archivo móvil para el atractivo en cuestión
<i>Resultados esperados</i>	Ingresa al sistema, crea el atractivo, y carga el aplicativo móvil
Resultados obtenidos en prueba 1	Ingresa satisfactoriamente

**Nombre del caso de prueba: Ver atractivo en dispositivo móvil**

DATOS DE ENTRADA PARA CASO DE PRUEBA	Valor fácil de comprobación
Datos de los casos de prueba	Ingresar al dispositivo móvil, instalar la aplicación y ejecutarla
Resultados esperados	Se lanza la aplicación y se visualizan los atractivos correspondientes
Resultados obtenidos en prueba 1	Resultado satisfactorio

**ENCUESTA DE SATISFACCION PARA USUARIOS FINALES:** El objetivo de una encuesta de satisfacción es saber cuál es el nivel de satisfacción de los usuarios de los servicios, midiendo la diferencia entre la calidad percibida y la calidad esperada. Para ello se desarrollaron diferentes tipos de preguntas que permite obtener los ejes de la satisfacción. La plantilla guía para ello se encuentra en el Anexo B. Los resultados se muestran a continuación. (WysuForms)

**RESULTADO ENCUESTA USUARIO 1**

Usuario: Juan Loret

Edad: 56 años

1	¿las ordenes dadas a la seccion de visualización de atractivos en el portal web responde de manera rápida?	Si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>																						
2	La distribución de los menus y secciones en el portal web permiten que usted se encuentre	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Bastante satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Bastante insatisfecho</td> <td style="width: 25%;">Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">x</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho	x																	
Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
x																								
3	la cantidad de errores presentados al momento de desplegar algún contenido con realidad aumentada corresponde a	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td></td><td style="text-align: center;">x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		x									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
	x																							
4	al usar la aplicación móvil, el tiempo de carga del contenido a mostrar es	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Bastante rápido</td> <td style="width: 25%;">Mediamente rápido</td> <td style="width: 25%;">Normal</td> <td style="width: 25%;">Lento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> </tr> </table>	Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento			X															
Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																					
		X																						
5	Luego de cargado el contenido 3D y audio correspondiente, la visualización de este contenido permiten que usted se encuentre	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;">Muy satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Bastante satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Bastante insatisfecho</td> <td style="width: 25%;">Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho	X																	
Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
X																								



### RESULTADO ENCUESTA USUARIO 2

Usuario: Ivan Lorett

Edad: 32 años

1	¿las ordenes dadas a la seccion de visualización de atractivos en el portal web responde de manera rápida?	Si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>																						
2	La distribución de los menus y secciones en el portal web permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <th>Bastante satisfecho</th> <th>Satisfecho</th> <th>Bastante insatisfecho</th> <th>Muy insatisfecho</th> </tr> <tr> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho	x																	
Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
x																								
3	la cantidad de errores presentados al momento de desplegar algún contenido con realidad aumentada corresponde a	<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td></td><td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		x									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
	x																							
4	al usar la aplicación móvil, el tiempo de carga del contenido a mostrar es	<table border="1"> <tr> <th>Bastante rápido</th> <th>Mediamente rápido</th> <th>Normal</th> <th>Lento</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> </table>	Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento			x															
Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																					
		x																						
5	Luego de cargado el contenido 3D y audio correspondiente, la visualización de este contenido permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <th>Muy satisfecho</th> <th>Bastante satisfecho</th> <th>Bastante insatisfecho</th> <th>Muy insatisfecho</th> </tr> <tr> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho	x																	
Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
x																								

**RESULTADO ENCUESTA USUARIO 3**

Usuario: Greisly Marrugo

Edad: 17 años

1	¿las ordenes dadas a la seccion de visualización de atractivos en el portal web responde de manera rápida?	Si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>																						
2	La distribución de los menus y secciones en el portal web permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <td>Bastante satisfecho</td> <td>Satisfecho</td> <td>Bastante insatisfecho</td> <td>Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho	x																	
Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
x																								
3	la cantidad de errores presentados al momento de desplegar algún contenido con realidad aumentada corresponde a	<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
x																								
4	al usar la aplicación móvil, el tiempo de carga del contenido a mostrar es	<table border="1"> <tr> <td>Bastante rápido</td> <td>Mediamente rápido</td> <td>Normal</td> <td>Lento</td> </tr> <tr> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento		x																
Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																					
	x																							
5	Luego de cargado el contenido 3D y audio correspondiente, la visualización de este contenido permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <td>Muy satisfecho</td> <td>Bastante satisfecho</td> <td>Bastante insatisfecho</td> <td>Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho		x																
Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
	x																							

**RESULTADO ENCUESTA USUARIO 4**

Usuario: Jeniffer Padilla

Edad: 28 años

1	¿las ordenes dadas a la seccion de visualización de atractivos en el portal web responde de manera rápida?	Si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>																						
2	La distribución de los menus y secciones en el portal web permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <td>Bastante satisfecho</td> <td>Satisfecho</td> <td>Bastante insatisfecho</td> <td>Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho		x																
Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
	x																							
3	la cantidad de errores presentados al momento de desplegar algún contenido con realidad aumentada corresponde a	<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
x																								
4	al usar la aplicación móvil, el tiempo de carga del contenido a mostrar es	<table border="1"> <tr> <td>Bastante rápido</td> <td>Mediamente rápido</td> <td>Normal</td> <td>Lento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> </table>	Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento			x															
Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																					
		x																						
5	Luego de cargado el contenido 3D y audio correspondiente, la visualización de este contenido permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <td>Muy satisfecho</td> <td>Bastante satisfecho</td> <td>Bastante insatisfecho</td> <td>Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho		x																
Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
	x																							

**RESULTADO ENCUESTA USUARIO 5**

Usuario: María Angelica Pedraza  
 Edad: 23 años

1	¿las ordenes dadas a la seccion de visualización de atractivos en el portal web responde de manera rápida?	Si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>																						
2	La distribución de los menus y secciones en el portal web permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <td>Bastante satisfecho</td> <td>Satisfecho</td> <td>Bastante insatisfecho</td> <td>Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho		x																
Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
	x																							
3	la cantidad de errores presentados al momento de desplegar algún contenido con realidad aumentada corresponde a	<table border="1"> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td> </tr> <tr> <td>x</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	x										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
x																								
4	al usar la aplicación móvil, el tiempo de carga del contenido a mostrar es	<table border="1"> <tr> <td>Bastante rápido</td> <td>Mediamente rápido</td> <td>Normal</td> <td>Lento</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> </table>	Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento			x															
Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																					
		x																						
5	Luego de cargado el contenido 3D y audio correspondiente, la visualización de este contenido permiten que usted se encuentre	<table border="1"> <tr> <td>Muy satisfecho</td> <td>Bastante satisfecho</td> <td>Bastante insatisfecho</td> <td>Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho		x																
Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
	x																							

Los resultados de estas encuestas realizadas a cinco usuarios de diferentes edades y conocimientos informaticos, arrojaron lo siguiente

Pregunta 1	Cinco respuestas si, cero respuestas 0, por tanto las ordenes dadas ala aplicación web responden de manera rápida
Pregunta 2	Tres personas bastante satisfechas y dos satisfechas con la distribución de los menus y secciones en la aplicación web.
Pregunta 3	3 personas no presentaron error al momento de cargar contenido para mostrar con realidad aumentada y dos si presentaron un error
Pregunta 4	El tiempo de carga de la aplicación móvil para cuatro personas fue normal y para una fue mediana mente rápido.
Pregunta 5	dos personas quedaron muy satisfechas y tres bastante satisfechas

## 11. CONCLUSIONES

Para preservar la memoria histórica de los atractivos turísticos de la ciudad y mostrar la información concerniente a los principales atractivos de forma animada y desde otra perspectiva se diseñó un portal web con una base de datos para la gestión de la información, atractivos y perfiles de los mismos y un aplicativo móvil en sistema operativo Android que permita al usuario ver información en el sitio turístico en donde se encuentre utilizando la tecnología de realidad aumentada en ambos aplicativos.

Es importante destacar que:

- La realidad aumentada es una tecnología que permite la interacción en tiempo real con el entorno que nos rodea, dándole un valor agregado a la información que se consulta en ese momento.
- Los modelos en 3D de los atractivos permiten visualizar el sitio desde diferente perspectiva, ya que las salidas de campo, investigaciones de la historia de los mismos permitieron enriquecer el conocimiento que se tiene del atractivo turístico.
- Para este proyecto se eligió usar las librerías FLARToolKit y NyARToolkit. El uso de la librería FLARToolKit se manifestó en la aplicación web como uno de los productos finales de este proyecto, ya que para el despliegue en internet se hace más oportuno embeber un archivo de Flash, que es el resultante de trabajar con esta librería. El uso de la librería NyARToolkit se manifestó en la aplicación móvil como uno de los productos finales del proyecto ya que para el despliegue con el sistema operativo Android esta librería es útil por su codificación en lenguaje java.
- Para alcanzar los objetivos propuestos en este proyecto, se implementó la metodología de desarrollo RUP, también la investigación tipo aplicada para poner en práctica y utilizar los conocimientos que se adquieren, la investigación exploratoria debido a que el tema realidad aumentada ha sido poco tratado en la universidad y según la clase de medios utilizados para obtener los datos una investigación experimental o mixta, porque con dicho estudio se pueden hacer investigaciones tanto documentales como de campo.
- El desarrollo de un sistema de realidad aumentada en los atractivos turísticos de la Ciudad de Cartagena de Indias, permite conservar la memoria histórica de los mismos y dar nuevos usos para la tecnología empleada impulsando la investigación de nuevos campos tecnológicos.

## 12. RECOMENDACIONES

Las siguientes sugerencias pueden contribuir a la mejora de la investigación:

Poner a disposición del público el portal web implementándolo en alguna entidad de turismo en la ciudad o un grupo de investigación de la Universidad de Cartagena.

Ampliar la investigación de los atractivos turísticos de Cartagena para seguir alimentando el sistema.

Contar con ayuda de un diseñador gráfico para generar modelos más animados de los atractivos con el fin de que puedan permanecer más tiempo en la memoria de las personas la información de los sitios.

Estudio y definición de los tipos de archivos a utilizar para reducir el tiempo de desarrollo del producto.

Estudio de la librería motion tracking para la implementación con realidad aumentada siguiendo patrones de movimiento y reemplazar el uso de patrones estáticos como los impresos en papel.

Desarrollo de realidad aumentada en móviles con otros sistemas operativos.

## Bibliografía

- Adobe. (14 de julio de 2009). *Características de Flex Builder 3*. Recuperado el 20 de septiembre de 2010, de Adobe: [http://www.adobe.com/es/products/flex/features/flex\\_builder/](http://www.adobe.com/es/products/flex/features/flex_builder/)
- Alegsa. (20 de julio de 2010). *Definición de Modelo en 3D*. Recuperado el 2 de junio de 2011, de Alegsa: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/modelo%20en%203d.php>
- android developers. (01 de abril de 2011). *What is Android?* Recuperado el 20 de abril de 2011, de android developers: <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html>
- android marketiza. (1 de septiembre de 2009). *La Realidad Aumentada en Android, aplicaciones*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de android marketiza: <http://www.androidmarketiza.com/aplicaciones/la-realidad-aumentada-en-android-aplicaciones/>
- ARAGÓN NIETO, J. F., & DUQUE MENDEZ, N. D. (2 de septiembre de 2010). *RA-Learning. Realidad Aumentada como apoyo a procesos educativos*. Manizales, Caldas, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales, Colombia, Grupo de Ambientes Inteligentes Adaptativos GAIA.
- ARDITO, C., BUONO, P., COSTABILE, M. F., LANZILOTTI, R., & PEDERSON, T. (2007). *Re-experiencing History in Archaeological Parks by Playing a Mobile Augmented Reality Game*. Bari, Italia: Dipartimento di Informatica, Università degli Studi di Bari.
- ARTINCELL. (s.f.). *iPhone Dev Zone*. Recuperado el 20 de ABRIL de 2011, de ARTINCELL: <http://www.artincell.com/>
- artoolworks. (17 de agosto de 2010). *Creating and training new ARToolkit markers*. Recuperado el 20 de septiembre de 2010, de artoolworks: [http://www.artoolworks.com/support/library/Creating\\_and\\_training\\_new\\_ARToolkit\\_markers](http://www.artoolworks.com/support/library/Creating_and_training_new_ARToolkit_markers)
- Azuma, R. T. (4 de agosto de 1997). A survey of Augmented Reality. *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6*, 355-385.
- Bakia. (s.f.). *Bakia*. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de Bakia: <http://www.mundobakia.com/>
- *BALANCE GENERAL DE CARTAGENA DE INDIAS 2009*. (s.f.). Recuperado el 1 de Febrero de 2010, de Portal de Turismo Cartagena de Indias: <http://www.turismocartagenadeindias.com>
- Bimber, O., & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. Wellesley, Massachusetts : Editorial, Sales, and Customer Service Office.
- BMW, S. (s.f.). *BMW Augmented Reality in practice*. Recuperado el 25 de Enero de 2010, de [http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented\\_reality\\_workshop\\_1.html](http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_workshop_1.html)
- Booch, G., Jacobson, I., & Rumbaugh, J. (2000). *El Lenguaje Unificado de Modelado*. Ed Pearson Addison Wesley.

- Cellagames. (s.f.). *cellagames*. Recuperado el 27 de enero de 2011, de cellagames: <http://cellagames.com/>
- CHUNG SUM, L., & HO TUNG, S. (2006-2007). *Virtual Dart – an Augmented Reality Game on Mobile Device . 2006 – 2007 Final Year Prcject Semester 1 Report* . Hong Kong , China: The Chinese University of Hong Kong Department of Computer Science and Engineering .
- Denso Wave. (s.f.). *QR Code*. Recuperado el 14 de septiembre de 2010, de QR Code.com: <http://www.denso-wave.com/qrcode/aboutqr-e.html>
- Escartin, E. (2000). LA REALIDAD VIRTUAL, UNA TECNOLOGÍA EDUCATIVA A NUESTRO ALCANCE. *REVISTA PIXEL-Bit-Instituto Superior Politécnico "José A. Echeverría"* .
- FIGUEROA, P. (1 de febrero de 2008). *Patrimonio Cultural Digital en el museo del Oro*. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de Universidad de los Andes-Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación: <http://imagine.uniandes.edu.co/drupal/?q=node/17>
- Froufe Quintas, A., & Jorge Cardenas, P. (2008). *J2ME, Java 2 Micro Edition Manual de usuario y tutorial*. Madrid-España: Alfaomega Ra-Ma.
- Grupo de investigación Imagine. (1 de Abril de 2008). *Universidad de los Andes*. Recuperado el 26 de Febrero de 2010, de Universidad de los Andes: <http://imagine.uniandes.edu.co/drupal/?q=node/29>
- GU, J. (Noviembre de 2008). *DEVELOPMENT OF COMPUTER VISION ALGORITHMS USING J2ME FOR MOBILE PHONE APPLICATIONS*. Canterbury, Nueva Zelanda: Department of Computer Science and Software Engineering University of Canterbury .
- HABIBI LASHKARI, A., PARHIZKAR, B., & ABDULKARIM MOHAMEDALI, M. (2010). *Augmented Reality Tourist Catalogue Using mobile technology. Second International Conference on Computer Research and Development* , 121-125.
- Hainich, R. (2009). *The end of Hardware*. lexington.
- Huidobro Moya, J. M. (2009). Código QR. *Bit* (172), 47-49.
- IBAÑEZ, A., PALOU, N., & PEDREIRA, J. (s.f.). *Wikitude, 'realidad aumentada' para teléfonos Android*. Recuperado el 27 de enero de 2010, de WebBlog Microsiervos: <http://www.microsiervos.com/archivo/gadgets/wikitude-realidad-aumentada-android.html>
- iPhone world. (s.f.). *Realidad aumentada en tu iPhone. Combinando el mundo real con la realidad virtual*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de iPhone world: <http://www.revistaiphoneworld.es/Realidad-aumentada-en-tu-iPhone.-Combinando-el-mundo-real-co/seccion-/articulo-201881>
- Iseki, H., Muragaki, Y., Naemura, K., Hayashi, M., Hori, T., & Takakura, K. (s.f.). *Clinical Application of Augmented Reality in Neurosurgical Field* . Tokyo, Japón: Faculty of Advanced Techno-surgery, Institute of Advanced Biomedical-engineering & Science, Graduate School of Medicine, Department of Neurosurgery, Neurological Institute, Tokyo Women's Medical University.
- Juan, C., Llop, E., Abad, F., & Lluch, J. (2010). *Learning words using Augmented Reality* . *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* , 422-425.
- Kaywa. (2007). *Kaywa QR/Code*. Recuperado el 15 de 09 de 2010, de Kaywa QR/Code: <http://qrcode.kaywa.com/>
- Krumm, J. *Ubiquitous Computing fundamentals*. Washington USA: CRC Press.



- Lamb, P. R. (s.f.). *ARToolKit*. Recuperado el 26 de febrero de 2010, de ARToolKit: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- LEMOS SOARES, C. (s.f.). *Easy Mobile Augmented Reality using Python*. Christchurch, Canterbury, Nueva Zelanda: University of Canterbury.
- Lerma Garcia, J. L. (2002). *FOTOGRAMETRIA MODERNA: ANALITICA Y DIGITAL*. VALENCIA: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.
- MARTINEZ, E. (6 de Enero de 2006). *La Realidad Aumentada permite reconstruir el pasado*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2009, de La Flecha.net: <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/200601092>
- Martínez, E. (6 de enero de 2006). *La Realidad Aumentada permite reconstruir el pasado*. Recuperado el 26 de diciembre de 2009, de La Flecha .net: <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/200601092>
- MARTINEZ, M., & MUÑOZ, G. (s.f.). *El uso de bocetos multimedia para diseñar interfaces de realidad aumentada para visitas guiadas*. Madrid, Mostoles, España: Universidad Rey Juan Carlos.
- MEDINA, K. (7 de Enero de 2010). *Cartagena de Indias, la más visitada*. Recuperado el 2 de Febrero de 2010, de Portal Guía Turística en Cartagena: <http://www.donde.com.co/secciones/informaci%25C3%25B3n-%25C3%25BAtil/cartagena-de-indias-la-m%25C3%25A1s-visitada>
- Menco Dorta, E. (2001). *Cartagena de Indias. La ciudad y sus momentos*. Sevilla: Escuela de Estudios Hispano Americanos de Sevilla.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A TAXONOMY OF MIXED REALITY VISUAL DISPLAYS . *IEICE Transactions on Information Systems* , E77-D (12).
- Morris, B. (2007). *The Symbian OS Architecture Sourcebook-Design and Evolution of a Mobile Phone OS*. John Wiley & Sons.
- NISHIO, M. (11 de agosto de 1998). *Turismo virtual: Planifique sus vacaciones con Internet*. Recuperado el 2 de febrero de 2010, de Mite Nishio: <http://nishio.wordpress.com/1998/08/11/turismo-virtual-planifique-sus-vacaciones-con-internet/>
- Padilla M, J. M. (2010). *DEMOSTRACIÓN REALIDAD AUMENTADA*. Recuperado el 20 de septiembre de 2010, de DEMOSTRACIÓN REALIDAD AUMENTADA: <http://ra-utem.uphero.com/videos.html>
- Papervision 3D. (s.f.). *Papervision 3D*. Recuperado el 20 de septiembre de 2010, de Papervision 3D: <http://www.papervision3d.org/>
- Portales Ricart, C. (2008). *ENTORNOS MULTIMEDIA DE REALIDAD AUMENTADA EN EL CAMPO DEL ARTE*. VALENCIA: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA-FACULTAD DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS-DEPARTAMENTO DE PINTURA .
- Porto Cabrales, R. (2007). *Cartagena de Indias en la palma de la mano*. Cartagena: Ingeniería y diseños.
- PRISMA. (s.f.). *Prismáticos turísticos de realidad aumentada | Mirador virtual para exteriores*. Recuperado el 1 de abril de 2010, de Prismáticos turísticos de realidad aumentada | Mirador virtual para exteriores: <http://www.realidadaumentada.es/6C7E8BEA-C113-442F-BF0D-D9E2F9BE4CD0.html>
- Ramos Nava, M. d., Cervantes Cabrera, D., Larios Delgado, J., & Leriche Vázquez, R. (2007). *Creación de ambientes virtuales inmersivos con software libre*. *Revista Digital Universitaria* , 8 (6), 3-9.

- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2009). *DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA - Vigésima segunda edición*. Recuperado el 2 de JUNIO de 2011, de REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: <http://buscon.rae.es/drae/>
- REITMAYR, G., & SCHMALSTIEG, D. (s.f.). Collaborative Augmented Reality for Outdoor Navigation and Information Browsing. *Interactive Media Systems group, Vienna University of Technology* , 32-41.
- Roehl, B. (1996). *Using Vrmf Special Edition Using*. Macmillan Publishing USA.
- RONALD T, A. (1997). A survey of Augmented Reality. *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6*, (págs. 355-385). Malibu.
- SCHMALSTIEG, D. (s.f.). *AUGMENTED REALITY FOR COLLABORATIVE AND UBIQUITOUS COMPUTING*. Recuperado el 30 de 03 de 2011, de STUDIERSTUBE AUGMENTED REALITY PROJECT: <http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/index.php>
- Seldon, H. (30 de mayo de 2008). *Realidad aumentada*. Recuperado el 22 de diciembre de 2009, de Portal de Ciencia Ficción: <http://www.portal-cifi.com/scifi/content/view/1126/13/>
- SEMPÉRTEGUI, D. (9 de Junio de 2009). *Wikitude con Realidad Aumentada en Android – Guía Turística*. Recuperado el 1 de Febrero de 2010, de Portal Aeromental: <http://www.aeromental.com/2009/06/09/wikitude-con-realidad-aumentada-en-android-guia-turistica/>
- Symbian. (s.f.). *Symbian OS Layer*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de Symbian Foundation has transitioned to a licensing body: <http://licensing.symbian.org/>
- Tamayo, M. (2004). *El proceso de la investigación* (cuarta ed.). Mexico: Limusa Noriega Editores.
- tom gibara. (mayo de 2010). *Live Camera Previews in Android*. Recuperado el 28 de octubre de 2010, de tom gibara: <http://www.tomgibara.com/android/camera-source>
- University of Almeria. (s.f.). *Tecnicas de prueba*. Recuperado el 26 de 06 de 2011, de INFORMATION SYSTEMS GROUP : <http://indalog.ual.es/mtorres/LP/Prueba.pdf>
- Vandal. (1 de marzo de 2011). *Vandal*. Recuperado el 13 de abril de 2011, de La realidad aumentada se muestra en Nintendo 3DS: <http://www.vandal.net/noticia/54111/la-realidad-aumentada-se-muestra-en-nintendo-3ds/>
- VIRTUAL REALITIES. (s.f.). *VIRTUAL REALITIES*. Recuperado el 10 de 10 de 2010, de VIRTUAL REALITIES: <http://www.vrealities.com/index.html>
- Vlahakis, V., Ioannidis, N., Karigiannis, J., Tsotros, M., Gounaris, M., Stricker, D., y otros. (2002). Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeological Sites. *IEEE Computer Graphics and Applications* , 52-60.
- WAGNER, D., PINTARIC, T., & SCHMALSTIEG, D. (6 de Junio de 2005). *the invisible train*. Recuperado el 24 de Diciembre de 2009, de the invisible train: [http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/invisible\\_train/](http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/invisible_train/)
- Wiki Blender. (31 de diciembre de 2010). *What is Blender?* Recuperado el 24 de enero de 2011, de Wiki Blender: <http://wiki.blender.org/index.php/Doc:Manual/Introduction>

- Wikipedia. (16 de enero de 2011). *Adobe Integrated Runtime*. Recuperado el 25 de marzo de 2011, de Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe\\_Integrated\\_Runtime](http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe_Integrated_Runtime)
- wikipedia. (19 de abril de 2011). *Android*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de wikipedia la enciclopedia libre: <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>
- Wikipedia. (7 de febrero de 2011). *Atracción turística*. Recuperado el 2 de junio de 2011, de Wikipedia-la enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/Atracci%C3%B3n\\_tur%C3%ADstica](http://es.wikipedia.org/wiki/Atracci%C3%B3n_tur%C3%ADstica)
- Wikipedia. (14 de abril de 2011). *BlackBerry OS*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de wikipedia la enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/BlackBerry\\_OS](http://es.wikipedia.org/wiki/BlackBerry_OS)
- Wikipedia. (14 de abril de 2011). *iOS (sistema operativo)*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de Wikipedia la enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/IOS\\_\(sistema\\_operativo\)](http://es.wikipedia.org/wiki/IOS_(sistema_operativo))
- wikipedia. (19 de abril de 2011). *Symbian OS*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de wikipedia la enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/Symbian\\_OS](http://es.wikipedia.org/wiki/Symbian_OS)
- Wikipedia. (10 de abril de 2011). *Windows Phone*. Recuperado el 20 de abril de 2011, de wikipedia la enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/Windows\\_Phone](http://es.wikipedia.org/wiki/Windows_Phone)
- Wikitude. (2011). *Wikitude*. Recuperado el 30 de 03 de 2011, de Wikitude: <http://www.wikitude.org/>
- Wkipedia. (31 de marzo de 2011). *Dispositivo móvil*. Recuperado el 2 de junio de 2011, de Wikipedia, la enciclopedia libre: [http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo\\_m%C3%B3vil](http://es.wikipedia.org/wiki/Dispositivo_m%C3%B3vil)
- WysuForms. (s.f.). *Encuestas de satisfacción*. Recuperado el 01 de 07 de 2011, de SOLUCIONES DE ENCUESTAS EN LÍNEA Y CUESTIONARIOS POR INTERNET / INTRANET Y MÓVIL: [http://www.wysuforms-es.com/software\\_de\\_encuesta/encuestas\\_satisfaccion.php](http://www.wysuforms-es.com/software_de_encuesta/encuestas_satisfaccion.php)
- Zlatanova, S. (2001). *3D modelling for augmented reality*. Bangkok (Thailand).: Dynamic and Multi-dimensional GIS.
- Zorrilla Arena, S. (1993). *Introducción a la metodología de la investigación*. Cal Editores.

## ANEXO A

## NOMBRE DEL REQUERIMIENTO FUNCIONAL A PROBAR:

<b>PLAN DE PRUEBA</b>	La prueba que se planea realizar constara con los siguientes datos de entrada: <ul style="list-style-type: none"> <li>• valores fáciles de comprobación</li> <li>• Valores típicos realistas</li> <li>• Valores extremos</li> <li>• Valores ilegales</li> </ul> Con el fin de obtener salidas que prueben este requisito funcional.	
<b>PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA</b>	Se realizaran 5 pruebas con este caso, 1 con cada tipo de valor mostrado en el plan de prueba, se procede a anotar en esta tabla los datos de prueba, los resultados esperados y los resultados reales obtenidos. Los resultados obtenidos nos permitirán ver la presencia o ausencia de errores, para realizar las correcciones respectivas.	
Detalles	<u>Propósito:</u> ver la presencia o ausencia de errores.	<u>Modulo a probar:</u>
Entorno de la prueba	<u>Herramientas:</u> computador o dispositivo para acceder al componente a probar, y tabla de resultados.	<u>Técnica:</u> análisis de valores limites.

## NOMBRE DEL CASO DE PRUEBA:

<b>DATOS DE ENTRADA PARA CASO DE PRUEBA</b>	<i>Valor fácil de comprobación</i>	<i>Valores típicos realistas</i>	<i>Valores extremos</i>		<i>Valores ilegales</i>
Datos de los casos de prueba					
<i>Resultados esperados</i>					
<b>Resultados obtenidos en prueba 1</b>					

## ANEXO B

### Encuesta para usuarios finales

El objetivo de una encuesta de satisfacción es saber cuál es el nivel de satisfacción de los usuarios de los servicios o de las prestaciones de la empresa, midiendo la diferencia entre la calidad percibida y la calidad esperada.

1	¿Las órdenes dadas a la sección de visualización de atractivos en el portal web responden de manera rápida?	Si <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/> no <input style="width: 30px; height: 20px; border: 1px solid black;" type="checkbox"/>																						
2	La distribución de los menus y secciones en el portal web permiten que usted se encuentre	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Bastante satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Bastante insatisfecho</td> <td style="width: 25%;">Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																		
Bastante satisfecho	Satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					
3	la cantidad de errores presentados al momento de desplegar algún contenido con realidad aumentada corresponde a	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 5%;">0</td><td style="width: 5%;">1</td><td style="width: 5%;">2</td><td style="width: 5%;">3</td><td style="width: 5%;">4</td><td style="width: 5%;">5</td><td style="width: 5%;">6</td><td style="width: 5%;">7</td><td style="width: 5%;">8</td><td style="width: 5%;">9</td><td style="width: 5%;">10</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
4	al usar la aplicación móvil, el tiempo de carga del contenido a mostrar es	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Bastante rápido</td> <td style="width: 25%;">Mediamente rápido</td> <td style="width: 25%;">Normal</td> <td style="width: 25%;">Lento</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																		
Bastante rápido	Mediamente rápido	Normal	Lento																					
5	Luego de cargado el contenido 3D y audio correspondiente, la visualización de este contenido permiten que usted se encuentre	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 25%;">Muy satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Bastante satisfecho</td> <td style="width: 25%;">Bastante insatisfecho</td> <td style="width: 25%;">Muy insatisfecho</td> </tr> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																		
Muy satisfecho	Bastante satisfecho	Bastante insatisfecho	Muy insatisfecho																					