

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES (Licencia de uso)

Bogotá, D.C., 15 de Febrero de 2013

Señores

Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J.

Pontificia Universidad Javeriana

Cuidad

Los suscritos:

Carlos Eduardo Castillo Herrera, con C.C. No 1026263653

_____, con C.C. No _____

_____, con C.C. No _____

En mí (nuestra) calidad de autor (es) exclusivo (s) de la obra titulada:

JaverianAR: Javeriana Augmented Reality

_____ (por favor señale con una "x" las opciones que apliquen)

Tesis doctoral Trabajo de grado Premio o distinción: **Si** **No**

cual: _____

presentado y aprobado en el año 2013, por medio del presente escrito autorizo (autorizamos) a la Pontificia Universidad Javeriana para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mi (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autorizan a la Pontificia Universidad Javeriana, a los usuarios de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J., así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un convenio, son:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la sala de tesis y trabajos de grado de la Biblioteca.	X	
2. La consulta física o electrónica según corresponda.	X	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	X	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	X	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la Pontificia Universidad Javeriana para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones	X	
6. La inclusión en la Biblioteca Digital PUJ (Sólo para la totalidad de las Tesis Doctorales y de Maestría y para aquellos trabajos de grado que hayan sido laureados o tengan mención de honor.)		X

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

De manera complementaria, garantizo (garantizamos) en mi (nuestra) calidad de estudiante (s) y por ende autor (es) exclusivo (s), que la Tesis o Trabajo de Grado en cuestión, es producto de mi (nuestra) plena autoría, de mi (nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy (somos) el (los) único (s) titular (es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestro)

competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Pontificia Universidad Javeriana por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Pontificia Universidad Javeriana está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

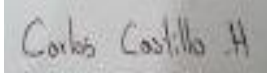
NOTA: Información Confidencial:

Esta Tesis o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

Si

No

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

NOMBRE COMPLETO	No. Documento de identidad	FIRMA
Carlos Eduardo Castillo Herrera	1026263653	

FACULTAD: Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADEMICO: Ingeniería de Sistemas

**BIBLIOTECA ALFONSO BORRERO CABAL, S.J.
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS DOCTORAL O DEL TRABAJO DE GRADO
FORMULARIO**

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS DOCTORAL O TRABAJO DE GRADO						
JaverianAR: Javeriana Augmented Reality						
SUBTÍTULO, SI LO TIENE						
AUTOR O AUTORES						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Castillo Herrera			Carlos Eduardo			
DIRECTOR (ES) TESIS DOCTORAL O DEL TRABAJO DE GRADO						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Chavarro Garcia			Oscar Xavier			
FACULTAD						
Facultad de Ingeniería						
PROGRAMA ACADEMICO						
Tipo de programa (seleccione con "x")						
Pregrado	Especialización		Maestría		Doctorado	
X						
Nombre del programa académico						
Ingeniería de Sistemas						
Nombres y apellidos del director del programa académico						
German Alberto Chavarro Florez						
TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO DE						
Ingeniero de Sistemas						
PREMIO O DISTINCIÓN <i>(En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):</i>						
CIUDAD		AÑO DE PRESENTACION DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO			NUMERO DE PAGINAS	
Bogota DC		2013			61	
TIPO DE ILUSTRACIONES (seleccione con "x")						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
		X			X	

SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO

Nota: En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.

MATERIAL ACOMPAÑANTE

TIPO	DURACION (minutos)	CANTIDAD	FORMATO		
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?
Video					
Audio					
Multimedia					
Producción electrónica					
Otro ¿Cuál?					

DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS

Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo biblioteca@javeriana.edu.co, donde se les orientará).

ESPAÑOL	INGLES
Realidad aumentada	Augmented Reality
Android	Android
Teléfono móvil	Mobile phone
Geolocalización	Geolocalization

RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)

El presente trabajo de grado pretende presentar una solución a los problemas de movilidad y localización dentro de los campus de las Universidades de gran espacio físico en Colombia, en este caso específico de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, Sede Bogotá. Este trabajo de grado es una alternativa acorde al constante desarrollo tecnológico que se vive en esta década a nivel mundial; mediante el uso de dispositivos móviles, presentamos a personas que pertenezcan a la comunidad universitaria y visitantes, una posibilidad de mejorar su calidad de vida por medio de una aplicación de realidad aumentada que muestra las locaciones que son de importancia para integrantes de la comunidad universitaria dentro del campus de la universidad.

This work presents a solution to the problems of mobility and localization inside the biggest Colombian schools, in this case the Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, Bogota. This work is an alternative according to the technological revolution that we live in the last decade in the whole world. Using the mobile devices, this project is a possibility to improve quality of live of the people who belong to the university and guests, through an application of augmented reality that shows to the people the important places inside the university.

CIS1230TK06

JAVERIANAR: JAVERIANA AUGMENTED REALITY

CARLOS EDUARDO CASTILLO HERRERA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
2012

Bogotá, 31 de Enero de 2013

Señores
Comité de Trabajos de Grado
Facultad de Ingeniería
Pontificia Universidad Javeriana

Estimados colegas:

Como tutor de Grado del señor CARLOS EDUARDO CASTILLO HERRERA, titulado JAVERIANAR: JAVERIANA AGUMENTED REALITY, autorizo la entrega del documento final.

La sustentación del trabajo de grado se llevó a cabo el pasado jueves 24 de Enero y conto con la presencia de los jurados Leonardo Florez Valencia y Adith Perez. El concepto final correspondiente al trabajo de grado es *Aprobado*.

Cordialmente.

カルロス 先生 様へ!

Oscar Xavier Chavarro Garcia
Profesor
Facultad de Ingeniería
Pontificia Universidad Javeriana

CIS1230TK06
JAVERIANAR: JAVERIANA AUGMENTED REALITY

Autor(es):

Carlos Eduardo Castillo Herrera

MEMORIA DEL TRABAJO DE GRADO REALIZADO PARA CUMPLIR UNO
DE LOS REQUISITOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO DE
SISTEMAS

Director

Oscar Xavier Chavarro García

Jurados del Trabajo de Grado

Adith Bismarck Pérez Orozco

Leonardo Florez Valencia

Página web del Trabajo de Grado

<http://pegasus.javeriana.edu.co/~CIS1230TK06>

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
BOGOTÁ, D.C.
2012

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Rector Magnífico

Joaquín Emilio Sánchez García S.J.

Decano Académico Facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis David Prieto Martínez

Decano del Medio Universitario Facultad de Ingeniería

Padre Sergio Bernal Restrepo S.J.

Director de la Carrera de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Germán Alberto Chavarro Flórez

Director Departamento de Ingeniería de Sistemas

Ingeniero Rafael Andrés González Rivera

Artículo 23 de la Resolución No. 1 de Junio de 1946

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus alumnos en sus proyectos de grado. Sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y la moral católica y porque no contengan ataques o polémicas puramente personales. Antes bien, que se vean en ellos el anhelo de buscar la verdad y la justicia”

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quiero agradecer a mis padres Jorge Alejandro Castillo Ardila y Sonia del Pilar Herrera de Castillo, quienes han sido el motor de todo el esfuerzo que he tenido para llegar a este punto. Además ellos son los que me brindaron la oportunidad de estudiar y me educaron siempre por un camino de humildad y respeto.

También quiero agradecer a mis hermanos Jorge Alejandro Castillo Herrera y Juan Manuel Castillo Herrera, ya que ellos fueron los que me apoyaron siempre en los momentos difíciles que afronté durante la carrera y me dieron fuerzas para continuar luchando duro y poder hoy tener la oportunidad de presentar este trabajo de grado.

Finalmente quisiera agradecer a la persona que me colaboro en la elaboración y corrección de todo mi trabajo de grado. Esta persona creyó en la idea que hoy presento. Esta persona es mi director de proyecto, Oscar Xavier Chavarro García, quien me colaboro en todas las oportunidades que lo necesite y sirvió como guía no solo durante el desarrollo del trabajo de grado sino durante todo el transcurso de la carrera. Oscar fue y es, no solo un profesor sino un amigo y colega.

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
INTRODUCCIÓN	1
I - DESCRIPCION GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO	3
1. OPORTUNIDAD, PROBLEMÁTICA, ANTECEDENTES	3
1.1 Descripción del contexto	3
1.2 Formulación del problema que se resolvió	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Impacto Esperado	5
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1 Visión global.....	5
2.2 Objetivo general	6
2.3 Fases metodológicas o conjunto de objetivos específicos.....	6
2.4 Método que se propuso para satisfacer cada fase metodológica	7
II - MARCO TEÓRICO	11
1. MARCO CONTEXTUAL.....	11
2. MARCO CONCEPTUAL	14
III – DESARROLLO DEL TRABAJO	19
1. INVESTIGACIÓN	19
2. DISEÑO	21
3. IMPLEMENTACIÓN.....	32
4. VALIDACIÓN.....	39
IV – CONCLUSIONES, RESULTADOS Y REFLEXIÓN SOBRE LOS MISMOS	41
V – RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	42
1. RECOMENDACIONES.....	42
2. TRABAJOS FUTUROS	42
VI - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	44

VII - ANEXOS	47
---------------------------	-----------

Índice de Tablas

Tabla 1: Comparación realidad virtual y realidad aumentada.	15
Tabla 2: Pasos funcionamiento ARToolkit	18
Tabla 3: Preguntas, encuesta requerimientos aplicación	22
Tabla 4: Requerimientos del sistema	25
Tabla 5: Tecnologías y versiones JaverianAR.....	31
Tabla 6: Características equipos de desarrollo	33

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Aproximación de "Sensorama" [14]	12
Ilustración 2: Aproximación Moderna del HDM [15]	12
Ilustración 3: Ubicación realidad aumentada en el grupo de la realidad mixta [21]	14
Ilustración 4: Proceso e integración de los componentes de realidad aumentada [22]	17
Ilustración 5: Ejemplo marcador realidad aumentada basada en imágenes [24]	18
Ilustración 6: Arquitectura sistema operativo Android [29]	27
Ilustración 7: Estándar aplicaciones multinivel [30]	28
Ilustración 8: Arquitectura lógica propuesta	29
Ilustración 9: Arquitectura física propuesta	30
Ilustración 10: Arquitectura de despliegue	31
Ilustración 11: Costo y restricciones Wikitude SDK [31]	35
Ilustración 12: Ciclo de vida aplicaciones Android [32]	37
Ilustración 13: Captura en pantalla Actividad Login JaverianAR	38
Ilustración 14: Captura en pantalla Actividad Navegador JaverianAR	39

ABSTRACT

This work presents a solution to the problems of mobility and localization inside the biggest Colombian schools, in this case the Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, Bogota. This work is an alternative according to the technological revolution that we live in the last decade in the whole world. Using the mobile devices, this project is a possibility to improve quality of life of the people who belong to the university and guests, through an application of augmented reality that shows to the people the important places inside the university.

RESUMEN

El presente trabajo de grado pretende presentar una solución a los problemas de movilidad y localización dentro de los campus de las Universidades de gran espacio físico en Colombia, en este caso específico de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, Sede Bogotá. Este trabajo de grado es una alternativa acorde al constante desarrollo tecnológico que se vive en esta década a nivel mundial; mediante el uso de dispositivos móviles, presentamos a personas que pertenezcan a la comunidad universitaria y visitantes, una posibilidad de mejorar su calidad de vida por medio de una aplicación de realidad aumentada que muestra las locaciones que son de importancia para integrantes de la comunidad universitaria dentro del campus de la universidad.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado busca mejorar la calidad de vida de las personas que pueden llegar a interactuar dentro del campus de la universidad con las diferentes instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá; por medio de una herramienta tecnológica que integra el concepto de la realidad aumentada con dispositivos móviles que cuentan con sistema operativo *Android* 4.0.

Para poder solucionar el problema presentado anteriormente, se realiza un estudio de levantamiento de información con las personas que podrían estar interesadas en solucionar problemas de ubicación y movilidad dentro del campus de la universidad. A partir de la información que se obtuvo por dichas personas, se elaboró la idea de la creación de una aplicación para celulares que ayuda en la labor de ubicación en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá. La razón por la cual se eligió el celular como herramienta es que, para el 2011, el 86.7% de las personas en el mundo tenían uno o más celulares [1].

Paso seguido a tener una idea lo suficientemente realista y significativa para un sector de la comunidad universitaria, se prosigue a presentar una propuesta de trabajo de grado que especifica la creación de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo *Android* 4.0, que sirve para solucionar problemas de movilidad y ubicación dentro del campus de la universidad, para de esta forma mejorar la calidad de vida de estudiantes, profesores, trabajadores y ajenos a la universidad al ingresar en ella.

Más adelante se realiza una auto-capacitación por parte del estudiante en el SDK (Software Development Kit) que permite realizar aplicaciones para sistema operativo *Android*. Se hace el levantamiento de requerimientos funcionales que debe tener el sistema para poder ser innovador y además lograr que las personas interesadas en el mismo lo utilizaran. Así mismo se elabora un diseño de la arquitectura que tendría la aplicación siguiendo una serie de estándares y comunes prácticas en las aplicaciones para dispositivos móviles.

Finalmente, se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles que cuenten con el sistema operativo *Android* 4.0, así como una cámara integrada que permita realizar realidad aumenta-

da del video que se captura por dicha cámara. La aplicación permite que una persona que posea un dispositivo con las características nombradas anteriormente sea informado del nombre e información importante de los edificios o lugares que lo rodean dentro del campus, viendo una imagen sobrepuesta a la imagen real que presenta el celular al apuntar con la cámara a determinado lugar dentro de las instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá.

Este documento presenta inicialmente la descripción general del proyecto, donde se encuentra el objetivo general del proyecto, la justificación del mismo, así como la visión y alcance del proyecto. Además encontramos cada uno de los objetivos específicos con las tareas asignadas y una descripción de la metodología utilizada para cada uno de ellos.

A continuación se encuentra la información respectiva a como fue el desarrollo del proyecto y los resultados que se obtienen, para finalmente presentar las conclusiones y proyectos que se pueden realizar a futuro a partir de este trabajo de grado.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del presente trabajo de grado pretende entregar una herramienta para la localización y movilidad de todos los que integran la comunidad de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, sede Bogotá; así como personas ajenas a la comunidad que van a tener algún tipo de acercamiento con las instalaciones de la Universidad.

Las universidades en Colombia, sobre todo en Bogotá; han tenido un gran crecimiento en su área física a tal punto que han tenido que migrar sus instalaciones a las afueras de la ciudad donde han encontrado espacios físicos de mayor tamaño para poder acoger más estudiantes y ofrecerles un mayor espacio de esparcimiento y educación. En el caso de la Pontificia Universidad Javeriana no ha sido necesaria la migración de la universidad a otro espacio, debido a que la universidad cuenta con más de 190.000 metros cuadrados de área, lo que le ha permitido expandirse y tener planes de crecimiento en la misma área [2].

Lo que es claro para ambos casos, ya sea la migración del espacio físico o el crecimiento sobre el mismo espacio con construcción de nuevos edificios o espacios de entretenimiento; es que cada día se convierte más difícil, para las personas integrantes de la comunidad y también para personas ajenas a la comunidad que tienen que interactuar con ella, la ubicación de los edificios o lugares a los cuales deben asistir en determinado momento.

El trabajo de grado presenta una alternativa para integrantes de la comunidad universitaria a los problemas de ubicación y movilidad, por medio de las últimas tendencias en tecnología como lo son la realidad aumentada y la utilización de dispositivos móviles, para aportar y mejorar la calidad de vida de las personas al momento de encontrar fácil y rápidamente los lugares por los cuales deben movilizarse dentro del campus de la universidad.

La realidad aumentada es un término que define la visión directa o indirecta de un entorno físico, que contiene elementos que se combinan con otros elementos virtuales, elementos que son creados por medio de computadoras y generan una realidad mixta [3]. En este trabajo de grado se utiliza herramientas de realidad aumentada para que por medio de una aplicación instalada en dispositivos móviles que cuenten con *Android* 4.0, ayude a las personas que

deseen localizar puntos de interés que se encuentren dentro del campus de la Pontificia Universidad Javeriana, Sede Bogotá.

A lo largo de los años se han inventado diferente tipo de técnicas para ubicar a las personas en lugares con los cuales no están familiarizados, tales como museos, centros comerciales, universidades, entre otros [4]. A pesar de estas técnicas de ubicación, se ha identificado que en estos lugares, no han sido suficientes los mecanismos nombrados anteriormente para mejorar la calidad de vida de las personas que a diario se acercan a lugares que cuentan con espacios físicos muy grandes y que además no ofrecen herramientas de ubicación a las personas. En el caso de la Pontificia Universidad Javeriana, se cuentan con mapas físicos que son difíciles de entender por las personas, ofrecen poca información y además en ocasiones las personas temen acercarse a buscar el lugar al que se dirigen.

Como resultado se obtiene un prototipo funcional de la aplicación que sirve para distinguir los nombres de los edificios por medio de la tecnología de realidad aumentada, desde cualquier dispositivo móvil con *Android* 4.0 que cuente con unas características especiales, como lo son una cámara, un sistema de posicionamiento global y conexión a internet.

La presente memoria de trabajo de grado está organizada de la siguiente manera: Sección 1: presenta una descripción general de todo el trabajo de grado, principalmente problemática, objetivos y metodología; Sección 2: se presenta el marco teórico, donde se describen los conceptos teóricos utilizados a lo largo del trabajo; Sección 3: se describe todo el proceso de cómo se desarrolló el trabajo de grado y la documentación del mismo; Sección 4: contiene un análisis de los resultados obtenidos con el desarrollo del trabajo de grado; Sección 5: esta sección contiene una reflexión del todo el trabajo de grado así como recomendaciones y oportunidades de trabajo a futuro.

I - DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

1. Oportunidad, Problemática, Antecedentes

1.1 Descripción del contexto

Hoy en día, el constante aumento en la cantidad de personas que tienen acceso a la educación pregrado en el país y el crecimiento en la variedad de carreras y estudios a realizar, brindados por las universidades, ha llevado a un inminente crecimiento y modernización en la infraestructura de la gran mayoría de instituciones que ofrecen estudios de pregrado en el país [5]. Como consecuencia de esto, las instituciones han creado herramientas para la geo localización de las personas dentro de las instalaciones del instituto educativo, tales como mapas físicos o virtuales mediante la página web de la institución [6]. Las herramientas mencionadas anteriormente no permiten que la comunidad universitaria pueda conocer su ubicación de manera fácil y clara desde cualquier punto en el espacio dentro de las instalaciones de la universidad.

El enfoque de este proyecto, es contribuir a la comunidad universitaria de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia, sede Bogotá; a mejorar su experiencia de movilidad dentro de las instalaciones de la universidad, sin importar el constante aumento en la infraestructura con el transcurrir de los años.

Además, este proyecto busca dar la oportunidad a personas ajenas a la universidad a sentirse familiarizados con el espacio físico de gran tamaño con el cual se enfrentan en ocasiones en las cuales requieren recorrer o alcanzar algún punto de interés dentro del campus.

1.2 Formulación del problema que se resolvió

¿Cómo se puede integrar el avance tecnológico en dispositivos móviles y el concepto de realidad aumentada para mejorar la experiencia de ubicación geográfica percibida por la comunidad universitaria de la Pontificia Universidad Javeriana, sede Bogotá?

1.3 Justificación

Para el año 2008 la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia contaba con una planta física total de 184.538,67 metros cuadrados [7]. De esta área, 184.931,34 metros cuadrados era el área total construida en la Universidad para el año 2008, 4000 metros cuadrados más que para el año 2007, donde el área construida total de la universidad era de 184.891,34 metros cuadrados [8]. Esto demuestra la gigantesca área con la que cuenta la Pontificia Universidad Javeriana y además el constante crecimiento en la construcción de instalaciones de la universidad. Adicionalmente, el documento de planeación universitaria 2007-2016 de la Pontificia Universidad Javeriana presentado en el 2006 muestra el deseo por parte de las directivas de la Universidad de mantener un constante crecimiento y mejora en la infraestructura de la Universidad [9].

Según empresas especializadas en el estudio y generación de estadísticas a partir de la evolución de la tecnología en el mundo, cada año aumenta en un 19% el uso de dispositivos móviles a nivel mundial [10]. La utilización de estos dispositivos móviles permite a los usuarios hoy en día la constante obtención de nueva información por medio de las redes móviles actuales que permiten la conexión a internet de estos dispositivos. Gracias a esto, las personas que poseen un dispositivo móvil, pueden llegar a conocer información nueva prácticamente desde cualquier ubicación desde la cual su forma de comunicación con internet tenga cobertura.

Para finales del año 2011 el sistema operativo *Android* ocupó el primer puesto en ventas a usuarios finales a nivel mundial [10]. Esta información ofrece una visión de cómo se puede tener oportunidad de negocio que existe a partir de la creación de aplicaciones móviles que trabajen sobre este sistema operativo, debido a que este es el más utilizado a nivel mundial lo que podría causar un efecto positivo al momento de ofrecer una herramienta enfocada a este sistema operativo.

Se ha demostrado en estudios que las aplicaciones de sistemas guía mediante la utilización de tecnologías como la realidad aumentada, facilitan la movilidad en los espacios de gran tránsito de personas y además permiten a los usuarios de las aplicaciones una mejor experiencia de ubicación de espacios desconocidos [11]. También gracias al concepto de realidad aumentada

se ha logrado causar una mejor percepción de la realidad que nos presenta el mundo, permitiendo de esta forma que los usuarios conozcan mejor los objetos que los rodean.

1.4 Impacto Esperado

Se espera que este proyecto sea el inicio para trabajos futuros acerca de la integración de plataformas universitarias y servicios para la comunidad universitaria en aplicaciones para dispositivos móviles. Es decir se pretende servir como base para el desarrollo de herramientas que aporten al mejoramiento de la experiencia del día a día de la comunidad universitaria; todo esto mediante dispositivos móviles que han alcanzado una alta popularidad en la actualidad y además permiten el acceso a la información desde prácticamente cualquier lugar de la planta física de la universidad.

Se espera que este proyecto sirva como una herramienta comúnmente utilizada en la vida de los integrantes de la comunidad universitaria en su permanencia dentro del campus de la universidad. De esta forma mejorar la movilidad en el desplazamiento de las personas dentro de las instalaciones de la universidad.

Además con este proyecto se espera abrir las puertas a nuevas investigaciones sobre el uso del concepto de la realidad aumentada para el mejoramiento de la interacción de cada uno de los integrantes de la comunidad universitaria con las instalaciones físicas de la universidad o con la misma comunidad.

2. Descripción del Proyecto

2.1 Visión global

El proyecto se dividió en cuatro grandes componentes. El primer componente fue donde se realiza un estudio completo del funcionamiento y arquitectura del desarrollo para aplicaciones móviles, especialmente *Android*. La segunda parte se basa en obtener la suficiente información por medio de entrevistas y encuestas con interesados en la solución propuesta al problema de localización dentro de campus de universidades que cuentan con un área física de gran tamaño. A partir de esta información se construyó la arquitectura apropiada para la apli-

cación y los requerimientos necesarios para lograr una aplicación de buen funcionamiento y que cumple con una serie de parámetros que hacen a los posibles usuarios estar interesados en adquirir o usar esta aplicación. En la tercera etapa, se trabaja en el desarrollo de una aplicación por medio de la metodología de programación extrema, que cuenta con los requerimientos necesarios para ser un prototipo funcional. Finalmente, con la colaboración de dos expertos en el área de desarrollo de software se validó el cumplimiento de los requerimientos funcionales planteados en la segunda etapa.

2.2 Objetivo general

Mejorar la experiencia de movilidad dentro del campus de la Pontificia Universidad Javeriana a través de una herramienta de ubicación geográfica desarrollada a partir del uso de tecnología de realidad aumentada y orientada a dispositivos móviles con sistema operativo *Android* versión 4.0.

2.3 Fases metodológicas o conjunto de objetivos específicos

- **Fase de Investigación**

Analizar los fundamentos principales de la realidad aumentada y del desarrollo de aplicaciones móviles para el sistema operativo *Android*.

- **Fase de Diseño**

Diseñar la arquitectura de la aplicación móvil objeto de este proyecto para sistema operativo *Android* en su versión 4.

- **Fase de Implementación**

Implementar un prototipo funcional de la aplicación objeto de este proyecto, basado en el diseño de la arquitectura planteada en el objetivo anterior.

- **Fase de Validación**

Validar la arquitectura diseñada usando la implementación realizada en el objetivo anterior bajo la supervisión de dos expertos en el área de aplicaciones móviles.

2.4 Método que se propuso para satisfacer cada fase metodológica

- **Fase Metodológica 1: Investigación**

Se realiza un análisis de los fundamentos principales de la realidad aumentada y del desarrollo de aplicaciones móviles para el sistema operativo *Android*.

- **Metodología**

En esta fase del proyecto se utilizó una metodología de tipo investigación especulativa: deducción. Esta metodología se utilizó debido a que se realizó una estructuración teórica a partir de conceptos básicos del tema y de los trabajos que se realizaron anteriormente en el área de investigación del proyecto.

En esta fase del proyecto se hizo una investigación exhaustiva del material bibliográfico existente que aportó de manera significativa al dominio de la investigación del proyecto. Se obtuvo documentación en la teoría de la creación de aplicaciones del sistema operativo *Android* y la utilización del concepto de realidad aumentada.

- **Actividades**

Las actividades que se utilizaron para cumplir con esta fase fueron:

1. Clasificación de material bibliográfico relacionado con los temas que son de relevancia para este proyecto, como lo son realidad aumentada y programación en *Android*.
2. Lectura y apropiación de la información referente al dominio del proyecto.
3. Análisis de la información realmente necesaria para la ejecución del proyecto.

- **Fase Metodológica 2: Diseño**

Se diseñó la arquitectura de la aplicación móvil objeto de este proyecto para sistema operativo *Android* en su versión 4.

- **Metodología**

En esta fase del proyecto se utilizó una metodología de tipo investigación especulativa: deducción. Esta metodología se seleccionó porque a partir de la información apropiada en el objetivo anterior, se obtienen las bases teóricas necesarias para poder aplicar en el diseño del modelo de la arquitectura en esta segunda fase.

En esta fase se pretende realizar el diseño de la arquitectura de un sistema que cumpla con las características del objetivo general, a partir de la información obtenida en el objetivo anterior.

- **Actividades**

Las actividades realizadas para cumplir con esta fase metodológica fueron:

1. Se elaboró una lista de requerimientos funcionales y no funcionales necesarios para el cumplimiento del objetivo general. La lista se obtuvo a partir de encuestas realizadas a posibles usuarios finales de la aplicación (Estudiantes, maestros, entre otros).
2. Se realizó el diseño de la arquitectura lógica que se utilizó para la implementación de la aplicación objeto de ese proyecto.
3. También se realizó el diseño de una arquitectura física que se utilizó más adelante para la implementación de la aplicación objeto de este proyecto.
4. Por último se realizó el diseño de la arquitectura de despliegue que se utilizó para la implementación de la aplicación objeto de este proyecto.

- **Fase Metodológica 3: Implementación**

Se implementó un prototipo funcional de la aplicación objeto de este proyecto, basado en el diseño de la arquitectura planteada en el objetivo anterior.

- **Metodología**

En esta fase del proyecto se utilizó una metodología de tipo investigación experimental: inducción. Esta metodología se utilizó porque a partir del diseño de la arquitectura planteado anteriormente, se desarrollaron prototipos de la aplicación, hasta que finalmente se alcanzó un prototipo funcional que contiene la suma de los requerimientos y la arquitectura planteada en el objetivo anterior.

En esta fase se implementó un prototipo funcional que cumple con los requerimientos y el diseño planteado en el objetivo anterior, por medio de la metodología de programación extrema.

Las principales prácticas de programación extrema utilizadas fueron:

- Se realizan pequeñas entregas y pruebas de producto que se aprobaron y validaron por el director de trabajo de grado y posibles usuarios a futuro.
- Se utiliza un diseño simple que permitió la fácil interacción con el usuario pero no requirió de gran cantidad de tiempo en desarrollo.
- Se trabajan varias horas a la semana en la implementación del producto.

○ **Actividades**

Las actividades realizadas para cumplir esta fase del proyecto fueron:

1. Se implementa un prototipo funcional de la aplicación objeto de este proyecto para el sistema operativo *Android*.
2. Se realizan pruebas funcionales de la aplicación desarrollada.

● **Fase Metodológica 4: Validación**

Se valida la arquitectura diseñada usando la implementación realizada en el objetivo anterior bajo la supervisión de dos expertos en el área de desarrollo de software.

○ **Metodología**

En esta fase se realiza una validación del prototipo funcional desarrollado en el objetivo anterior, donde se verifica, mediante la utilización del prototipo, el cumplimiento de los requerimientos planteados en la Fase Metodológica 2. Para esta validación se pide la supervisión de expertos en el área de desarrollo de software para lograr un mejor resultado en esta etapa. Estos expertos fueron seleccionados durante esta fase del proyecto.

○ **Actividades**

Las actividades realizadas para cumplir el objetivo de esta fase fueron:

1. Se seleccionaron dos expertos en el área de desarrollo de software acorde a los requerimientos planteados que se obtuvieron en fases anteriores del proyecto.

-
2. Se hizo una validación del prototipo funcional de la aplicación objeto de este proyecto mediante la utilización de la misma.

II - MARCO TEÓRICO

1. Marco Contextual

Estado del Arte

El término de “realidad aumentada” fue utilizado a partir del año 1990, cuando el profesor Tom Caudell trabajaba en una investigación para ayudar a la fabricación y el proceso de ingeniería en compañías aéreas. Caudell acuñó el término, después de desarrollar cierto software completo que permitía superponer cables en la posición que se supone debían ir [12].

Sin embargo, fue realmente en el año de 1957 cuando un señor de nombre Morton Helig comenzó a construir lo que sería la que se considera, aunque en ese tiempo no se conocía el término de realidad aumentada; la primera máquina que aportó al desarrollo de la realidad aumentada en la historia. La máquina era llamada “Sensorama” y fue diseñada para una experiencia cinematográfica. La idea de esta máquina era permitir a una persona percibir la experiencia de una película por todos sus sentidos. La máquina soplabla viento a la persona que estuviera sentada viendo la película y también vibraba, haciendo sentir al espectador que se encontraba dentro de la película. Además se percibía un ambiente en tercera dimensión al ver las películas lo que lograba una mayor sensación de realidad. La máquina nunca fue vendida por su alto costo y difícil producción en masa [13]. En todo caso esta máquina reunía algunos de los factores que demarcan la llamada realidad aumentada; tenía dispositivos que estaban en medio del usuario y el ambiente, además alteraba el ambiente real de lo original a lo que era percibido por el usuario, esto en tiempo real y en una situación real, incluso si esta situación era grabada.

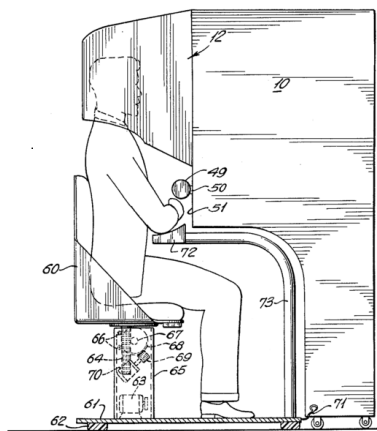


Ilustración 1: Aproximación de "Sensorama" [14]

Más adelante, en el año de 1966 el profesor de ingeniería eléctrica de Harvard, Ivan Sutherland; invento el primer modelo de uno de los más importantes dispositivos para lo que es la realidad aumentada y la realidad virtual al día de hoy [13]; el HDM, Head Mounted Display o su traducción al español, la pantalla montada en la cabeza. Este dispositivo consistía en un gran casco que se colocaba en la cabeza de las personas y contenía por dentro una pantalla que permitía al usuario ver una proyección de imágenes que hacían pensar al usuario que se encontraba en un lugar diferente al que físicamente estaba. Este fue uno de los pasos más importantes para la realidad aumentada.



Ilustración 2: Aproximación Moderna del HDM [15]

Como decíamos anteriormente, en 1990 fue cuando el profesor Caudell acuñó el término de realidad aumentada.

Más adelante en 1992, L.B Rosenberg, crea el primer sistema reconocido de realidad aumentada para la fuerza aérea de los Estados Unidos de América. El sistema consistía en guías escritas en letra grande que describían las tareas que el usuario debía realizar [13]. A su vez, un segundo grupo conformado por Steven Feiner, Blair MacIntyre y Doree Seligmann, hoy expertos en el campo de la realidad aumentada; presentaron un sistema al cual llamaron “KARMA”. Este sistema consistía en ayudar al mantenimiento de impresoras por medio del uso de un HDM [13].

La revolución de la realidad aumentada se produjo aproximadamente para después del año 1999; hasta ese entonces la realidad aumentada era solo un juguete utilizado por científicos [16], esto debido a su alto costo, gran tamaño y sobre todo la complejidad en el software que se utilizaba. Fue entonces cuando Hirokazu Kato, del Instituto de Ciencia y Tecnología de Nara, lanzó ARToolKit a la comunidad de software libre. Por primera vez se podría obtener video capturado de imagen real que a su vez interactuar con objetos virtuales, esto para cualquier sistema operativo.

Fue entonces cuando además de contar con la posibilidad de desarrollar aplicaciones de realidad aumentada, también se habían inventado para ese entonces los teléfonos inteligentes; lo que permitió que con un dispositivo móvil inteligente que tuviera cámara y contara con conexión a internet llevar la realidad aumentada a cualquier persona en el mundo.

En el 2000, Bruce Thomas y el equipo de Wearable Computer Lab; quienes aprovecharon la revolución de la realidad aumentada, para combinarla con una de las industrias que más consumidores tiene en el mundo, los videojuegos [17]. Este proyecto consiste en el primer video juego de exteriores con realidad aumentada y dispositivos móviles. El proyecto llamado AR-Quake, es una versión de un popular juego llamado Quake; consiste en un juego en primera persona de disparar a zombies. En su versión de realidad aumentada se requiere el uso de un computador portátil, GPS, sensores magnéticos, sensores de orientación y un casco HDM; para permitir que el usuario transporte todo esto en una maleta mientras juega disparando a zombies que se encuentran en las calles del mundo real [17][18][19].

En la actualidad existen muchas empresas dedicadas al desarrollo de aplicaciones móviles que utilizan la realidad aumentada para complementarse. Además de eso existen frameworks para permitir que desarrolladores menos experimentados incluyan en sus aplicaciones realidad aumentada. Entre las más importantes aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles, están: Layar, Wikitude, LearnAR y Google Sky Map.

2. Marco Conceptual

Realidad Aumentada

Para la comprensión adecuada del proyecto es necesario entender el concepto de realidad aumentada. La realidad aumentada consiste en complementar la realidad física con elementos virtuales generados por computadora. En la realidad aumentada se incluyen elementos de dos mundos, el virtual y el real; además es interactiva en tiempo real [20]. Con la realidad aumentada se puede alterar lo que percibe cualquiera de los sentidos, para lograr que el usuario conciba el mundo de manera distinta a la real.

Las principales características de la realidad aumentada son las siguientes:

- Combinar lo real con lo virtual.
- Es interactiva en tiempo real.
- Se aplica para todos los sentidos.
- Es posible omitir partes del mundo real.

Usualmente la gente suele confundir el termino de realidad virtual con la realidad aumentada, pero hay que las características de cada una de estas dos realidades son diferentes y nos dan resultados totalmente diferentes.



Ilustración 3: Ubicación realidad aumentada en el grupo de la realidad mixta [21]

A continuación se presenta una tabla donde encontramos las principales diferencias entre la realidad aumentada y la realidad virtual:

Realidad Aumentada	Realidad Virtual
Ideal para mejorar el mundo real.	Ideal para reemplazar el mundo real.
Permite interacciones sofisticadas con el mundo real.	Es una simulación en su totalidad.
Genera visión directa o indirecta de un entorno físico del mundo real.	Introduce al usuario en un ambiente informático artificial.
Mantiene al usuario en contacto con la realidad.	Aleja al usuario del contacto con la realidad.
No sustituye realidad física.	Sustituye realidad física.

Tabla 1: Comparación realidad virtual y realidad aumentada.

Cuando hablamos del término de realidad aumentada se divide según cada uno de los sentidos, es decir, existe la posibilidad de hacer que cada uno de los sentidos sean alterados para obtener información adicional del mundo real a la que este mundo real propiamente provee al espectador.

- Realidad aumentada oído: Permite que el usuario escuche sonidos producidos por un emisor distinto al mundo real, que le permiten obtener mayor información del contexto en el que se encuentra.
- Realidad aumentada olfato: Con esta realidad aumentada el usuario obtiene diferentes olores a los que el mundo real le proporciona, estos olores le permiten obtener mayor información de la situación que se está viviendo o que se está observando.

- Realidad aumentada tacto: Por medio de esta realidad aumentada, el usuario percibe movimientos adicionales a los que le entrega la realidad para entender mejor una situación o simular algo que se está observando.
- Realidad aumentada vista: Es la realidad aumentada más común y la que hoy en día las personas conocen como la única realidad aumentada. Consiste en la superposición de una imagen que provee el mundo real, con información digital generada por computadora, que permiten obtener mayor información de las cosas que se encuentran en el mundo real.

El objeto de este trabajo de grado se fundamenta en el funcionamiento de la realidad aumentada en la visión, por lo cual es la que mayor importancia se le da y tendrá explicación a fondo.

La realidad aumentada se compone de diferentes elementos que permiten su adecuado funcionamiento y conllevan a una experiencia completa por parte del usuario. Los principales elementos que la conforman son:

- Elementos que capturan las imágenes: Generalmente es una simple cámara, como la de un dispositivo móvil o un computador; que permite tomar la información del mundo real para ser más adelante procesada por el software de realidad aumentada.
- Elementos que proyectan la mezcla de imágenes: Consiste en la pantalla del computador, del celular o dispositivos como el HDM, del cual hablamos anteriormente.
- Elemento de procesamiento: Es la parte que se encarga de interpretar la información real que percibe el usuario y generar información virtual para ser mezclada con la real del modo correcto. Usualmente lo hacen las computadoras y teléfonos celulares modernos.
- Elemento activador de realidad aumentada: Consiste en elementos que permiten identificar la ubicación y posición de dispositivos que generan realidad aumentada. Estos elementos suelen ser sistemas de posicionamiento global (GPS), sensores de brújula o acelerómetros. También se pueden considerar elementos activadores, etiquetas o marcadores; debido a que son capaces de suministrar información que será interpretada para generar la realidad aumentada.

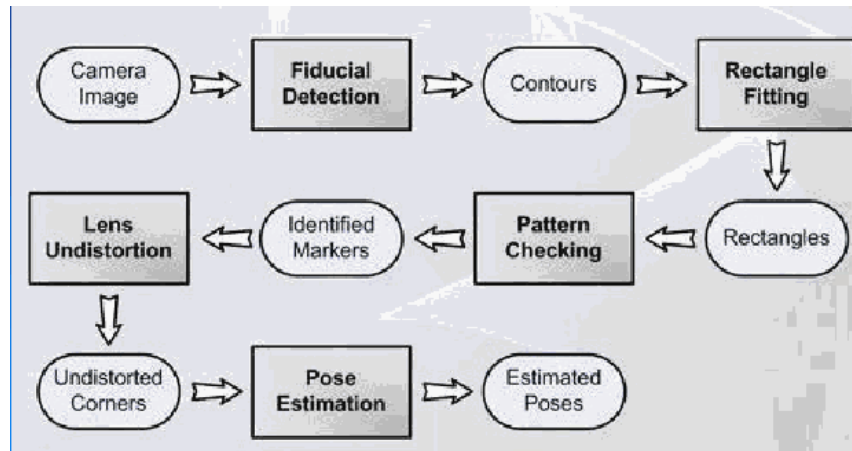


Ilustración 4: Proceso e integración de los componentes de realidad aumentada [22]

Así como se muestra en la figura anterior, funciona ARToolkit, la librería de software libre y más popular para generar realidad aumentada [23]. A continuación los pasos propuestos para el correcto funcionamiento de esta librería:

PASOS FUNCIONAMIENTO ARTOOLKIT	
1.	Cámara captura imágenes del mundo real y las envía al computador.
2.	El software del computador busca en cada fotograma del video formas cuadradas.
3.	Si se encuentra un cuadrado, el programa calcula la posición de la cámara con relación a dicho cuadrado.
4.	Una vez se conoce la posición de la cámara un recurso gráfico es colocado en la misma posición.
5.	El objeto es representado superpuesto sobre el video.

6. El resultado final se muestra en nuestra pantalla (móvil, pc), al mirar la pantalla vemos la realidad mixta.

Tabla 2: Pasos funcionamiento ARToolkit

La realidad aumentada tiene dos formas principales en las cuales se puede concebir:

- Basada en marcadores o imágenes:

Con este tipo de realidad aumentada se emplean marcadores para ser reconocidos mediante el procesamiento de imágenes, para finalmente superponer imágenes virtuales sobre este marcador que se encuentra en el mundo real.

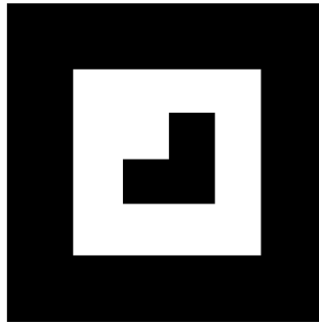


Ilustración 5: Ejemplo marcador realidad aumentada basada en imágenes [24]

El software de realidad aumentada basada en imágenes, es capaz de realizar un seguimiento del marcador, de tal manera que si el usuario mueve el marcador, también se observara el movimiento del objeto sobrepuesto.

Con ese tipo de realidad aumentada, se puede observar un objeto en tercera dimensión desde diferentes ángulos, esto mediante la rotación del marcador que se utilizó como generador de realidad aumentada.

- Basada en posición:

A partir del año 2009, se volvió muy popular la realidad aumentada basada en posición, gracias a los dispositivos móviles [25]. Este tipo de realidad aumentada funciona gracias al hardware que poseen los teléfonos celulares modernos; senso-

res de brújula, aceleración y sistemas de posicionamiento global (GPS), permiten que se sobreponga información en determinada localización alrededor del mundo. Este tipo de localización en el mundo es lo que se llama POI (Punto de Interés).

Dispositivo Móvil

Son aparatos de pequeño tamaño en los cuales se puede realizar procesamiento y que tienen una conexión permanente o intermitente a una red [26]. Están diseñados específicamente con una función, pero hoy en día realizan gran cantidad de tareas. Los dispositivos móviles más conocidos y utilizados en la actualidad, son los teléfonos celulares [27].

Realidad Virtual

Es una ciencia basada en el empleo de ordenadores u otros dispositivos, con el fin de brindar una apariencia de la realidad que permita al usuario creer que se encuentra en ella. La realidad virtual reemplaza lo real por una realidad totalmente imaginaria producida por computador. Se consigue mediante la generación de imágenes que son contempladas por un usuario, usualmente mediante un casco provisto de una visión especial.

III – DESARROLLO DEL TRABAJO

A continuación se describe la forma como se realiza el proyecto. El desarrollo del trabajo se divide en cuatro fases que se identifican en el planteamiento del presente trabajo de grado:

1. Investigación

Esta fue la principal fase, que permitió tener una base sólida para la continuación de cada una de las fases del proyecto, porque durante el desarrollo de la misma se encuentran los términos, definiciones, modelos e investigaciones necesarias sobre el área de desarrollo del proyecto. En esta fase se realizó una investigación a fondo de

toda la fundamentación teórica necesaria para poder desarrollar la aplicación que es objeto de este proyecto.

Lo primero que se realiza en esta fase es la búsqueda de artículos científicos indexados en comunidades científicas principalmente IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y ACM (Association for Computer Machinery), por medio del uso de palabras claves que surgen al momento de plantear un problema que puede ser solucionado por medio de la idea objeto de este proyecto. A partir de esta búsqueda se obtuvieron alrededor de 400 resultados que consisten en artículos relacionados con las palabras claves que se utilizaron para la búsqueda. De algún modo también artículos relacionados a la temática que propone la solución del problema.

Debido a la gran cantidad de artículos encontrados, es necesaria una selección que permite que no se recurra o se investigue a partir de información innecesaria o repetida. Es entonces cuando se procede a una mejor selección de artículos, por medio de los títulos de los mismos, se selecciona los artículos que tienen un título que denotara relación con el tema de interés del proyecto. Más adelante, después de obtener una menor cantidad de artículos cuyos títulos hacen que el artículo parezca adecuado para el proyecto, se procede a leer el abstract de cada artículo y de esta manera poder conocer un resumen de lo que contenía el artículo. Es así como se selecciona una menor cantidad de artículos en los cuales se tenía la certeza que contendrían la información adecuada para el desarrollo del proyecto y además no sería información repetida. Con esta selección se obtuvo una lista reducida a la primera de solo 60 artículos.

Finalmente, se obtiene a un grupo reducido de artículos que se utilizan como fundamentación teórica del presente proyecto. Este reducido grupo se obtiene verificando entre los del grupo anterior, muchos se referenciaban entre si y además leyendo la introducción de cada artículo y conociendo cuales eran los que realmente servirían para el presente proyecto. Estos artículos que se obtuvieron al final, fueron leídos y sirvieron para poder obtener y entender la información necesaria para continuar con la eje-

cucción del proyecto. Con estos artículos se tuvo una base para plantear los objetivos y fases metodológicas del proyecto.

2. Diseño

En esta etapa se realiza una encuesta que permite obtener una lista de los requerimientos necesarios para cumplir el objetivo principal del proyecto. Esta encuesta es dirigida y contestada por estudiantes de universidades que podrían estar interesados en la utilización de la aplicación objeto de este proyecto. La encuesta se crea basándose en el objetivo general del proyecto y de igual forma se tuvo en cuenta las expectativas planteadas por profesores y estudiantes durante la etapa de desarrollo y ejecución de la asignatura preparatoria al trabajo de grado.

Como anexo a este proyecto se encuentra la descripción de la encuesta realizada, así como sus resultados. De igual manera a continuación se listan las preguntas que fueron realizadas en esta encuesta:

Preguntas	Posibles Respuestas
1. ¿Tiene usted un SmartPhone?	a. SI b. NO
2. ¿Sabe usted que es realidad aumentada?	a. SI b. NO
3. ¿Considera útil una aplicación para su celular de realidad aumentada, que le permita encontrar lugares de interés en la Universidad?	a. SI b. NO
4. ¿Qué puntos de interés le gustaría que tuviera una aplicación de realidad aumentada para la	a. Salones de Clase b. Edificios c. Cafeterías d. Lugares Deportivos

Universidad?	<ul style="list-style-type: none"> e. Lugares de Eventos f. Aulas de Maestros g. Oficinas Administrativas
5. ¿Que información considera útil adicional al nombre del edificio que le gustaría encontrar en la aplicación?	<ul style="list-style-type: none"> a. Número del edificio b. Cantidad de Pisos c. Información de su interior d. Descripción general e. Información de la historia
6. ¿Como le gustaría que la aplicación de realidad aumentada mostrara la información adicional en la pantalla de su celular?	<ul style="list-style-type: none"> a. Imágenes b. Texto c. Imágenes y Texto
7. ¿Que es lo que considera más importante para poder localizar lugares dentro de la universidad?	<ul style="list-style-type: none"> a. Cercanía b. Posición c. Señalización o Guía
8. ¿Le gustaría que la Universidad se impulsará el desarrollo de herramientas que permitan acceder a servicios desde un dispositivo móvil?	<ul style="list-style-type: none"> a. SI b. NO

Tabla 3: Preguntas, encuesta requerimientos aplicación

Además también se realizó una entrevista con dos personas que desconocen de las instalaciones de la universidad, donde se les pregunto cuáles serían sus expectativas

de una aplicación que permitirá ubicarse en espacios desconocidos, en este caso la Pontificia Universidad Javeriana. Estas dos personas fueron escogidas por no hacer parte de la comunidad universitaria y haber tenido que asistir en alguna ocasión a la Pontificia Universidad Javeriana. Para realizar estas encuestas primero se realiza una breve introducción al término de realidad aumentada y además se explica cuál era el objeto del presente trabajo de grado. Anexo a este documento se encuentra el formato de las preguntas que se realizaron en la entrevista.

A continuación una lista de las conclusiones que se obtuvieron gracias a esta entrevista:

- La aplicación debe permitir que personas ajenas a la universidad tengan acceso.
- Con la aplicación se debe poder ubicar no solo los edificios donde se dan clases sino también aquellos que son significativos para visitantes no comunes de la universidad.
- La información que se provee digitalmente sobre el mundo real debe poder diferenciarse acorde a diferentes tipos de lugares de interés.
- Se debe poder utilizar la aplicación desde celulares con cualquier sistema operativo.
- Es importante que la aplicación pueda tener funcionamiento sin conexión a internet.
- La universidad cuenta con un espacio físico demasiado grande lo cual podría causar problemas al momento de mostrar la información digital de los diferentes lugares de interés que se encuentran en ella.

A partir de la información obtenida con las entrevistas y la encuesta, se realizó una lista de los requerimientos funcionales y no funcionales que debe tener el sistema para que la aplicación objeto de este proyecto fuera de interés para posibles usuarios a futuro. A continuación se presentan los requerimientos funcionales y no funcionales que fueron la base para el desarrollo de la aplicación.

Requerimientos Funcionales	
CODIGO	REFERENCIA
RF - 01	La aplicación debe permitir ubicar puntos de interés dentro del cam-

	pus de la universidad javeriana.
RF – 02	La aplicación debe poder ser utilizada por usuarios que no pertenezcan a la comunidad universitaria.
RF – 03	La aplicación debe poder ser consultada desde cualquier parte del campus de la universidad.
RF – 04	La aplicación debe permitir consultar los puntos de interés por rangos de cercanía.
RF – 05	La aplicación debe mostrar un radar con los puntos de interés alrededor.
RF – 06	La aplicación debe presentar los puntos de interés diferenciados por tipos. (Laboratorio, taller, biblioteca, entre otros)
RF – 07	La aplicación debe funcionar en tiempo real.
RF – 08	La aplicación debe funcionar con ubicaciones relativas.
RF - 09	La aplicación debe proveer información adicional al nombre del edificio y numero del edificio.
Requerimientos No Funcionales	
Disponibilidad	
RNF - 01	El funcionamiento de la aplicación debe ser de 24 horas los 7 días a la semana.
RNF - 02	Los puntos de interés que presenta la aplicación deben estar siempre disponibles.
Portabilidad	
RNF - 03	El sistema debe poder ser instalado en cualquier dispositivo móvil con sistema operativo <i>Android 4</i> .
Mantenibilidad	
RNF - 04	El sistema debe permitir ajustes a sus componentes de software.

RNF - 05	El sistema debe permitir la localización de nuevos puntos de interés que aparezcan con el tiempo.
RNF - 06	El sistema debe permitir la fácil actualización de la capa de presentación
RNF - 07	El sistema debe tener un manual de instalación.
RNF - 08	El sistema debe tener un manual de usuario.
Desempeño	
RNF - 09	La aplicación debe ofrecer un buen desempeño ante una alta demanda. El tiempo promedio en la carga de puntos de interés debe ser menor a 5 segundos.
Seguridad	
RNF - 10	La aplicación debe manejar autenticación de usuarios.
RNF - 11	La aplicación debe permitir habilitar y deshabilitar funcionalidades, acorde a los perfiles y permisos asociados a un usuarios de sistema.
Interfaz Grafica	
RNF - 12	El sistema debe contar con una interfaz gráfica de presentación homogénea y amigable con el usuario.

Tabla 4: Requerimientos del sistema

Obtenidos los requerimientos listados anteriormente y con la documentación necesaria obtenida en la primera etapa del proyecto, se prosigue con la realización del diseño de la arquitectura que siguió el prototipo funcional objeto de este trabajo de grado.

Arquitectura

Para poder empezar con el desarrollo de aplicaciones para *Android*, es importante primero que todo entender como se encuentra estructura el sistema operativo. Es decir debemos tener buen conocimiento de en qué consiste el diseño de la arquitectura en general que tiene el sistema operativo. Para *Android*, se cuentan con varias capas que permiten facilidad en el desarrollo y fácil mantenimiento para las aplicaciones.

Gracias a la arquitectura propuesta por el sistema operativo *Android* el desarrollador puede acceder a las capas más bajas por medio de uso de librerías. De esta forma se le evita el trabajo al desarrollador de programar a bajo nivel funcionalidades de la utilización del hardware de los dispositivos móviles, que son necesarias para el correcto funcionamiento de algunas aplicaciones [28].

Como en la mayoría de las arquitecturas, cada una de las capas superiores utiliza elementos de la capa inferior, a esto se le conoce como una arquitectura de pila. A continuación una ilustración tomada del sitio oficial de *Android Developers*, para identificar las capas de la arquitectura del sistema operativo.

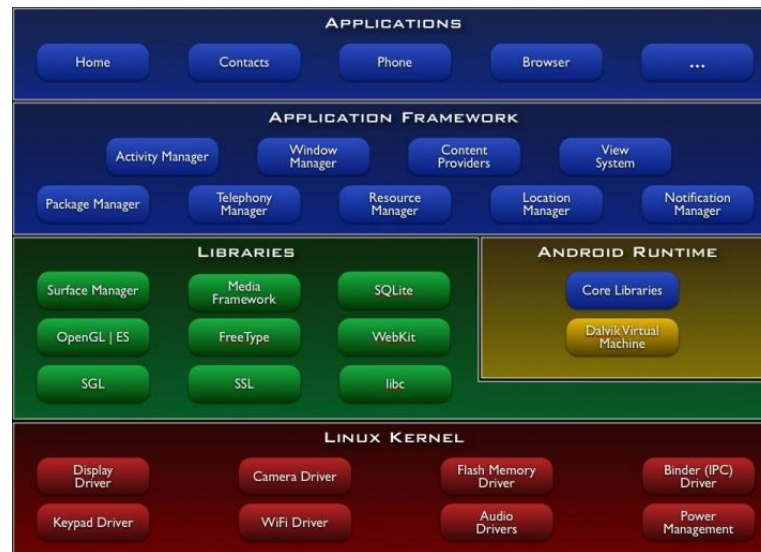


Ilustración 6: Arquitectura sistema operativo Android [29]

Entendido el modelo de la arquitectura del sistema operativo *Android*, es necesario elegir un tipo de arquitectura basado en experiencias y bases teóricas, que funciona específicamente en aplicaciones móviles, especialmente en este caso en *Android 4*.

Para el desarrollo de la aplicación objeto de este proyecto se decidió utilizar una arquitectura SOA (Arquitectura Orientada a Servicios), tomando como referencia las siguientes conclusiones:

- Puede accederse a diferentes funcionalidades desde red.
- El trabajo del procesamiento le es asignado a los servicios, evitando alto procesamiento en dispositivos móviles que pueden no tener la capacidad de hacerlo.
- Evita el gran almacenamiento en dispositivos móviles que funcionan orientados al almacenamiento en la nube por lo cual no poseen una gran unidad de almacenamiento.
- Permite añadir fácilmente funcionalidades a una aplicación que puede encontrarse instalada en cientos de terminales.
- Los servicios pueden ser reutilizables en caso de ser necesario en nuevas funcionalidades.

La arquitectura definida para la aplicación objeto de este proyecto, está basada en la siguiente arquitectura estándar para aplicaciones multinivel definida por Microsoft en su grupo de mejores prácticas (Patterns & Practices).

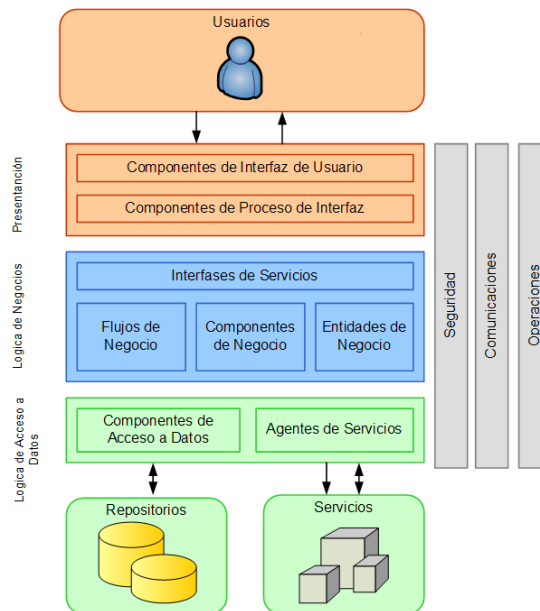


Ilustración 7: Estándar aplicaciones multinivel [30]

Arquitectura Lógica Propuesta

A continuación, se presenta una gráfica del modelo de arquitectura física propuesta para la aplicación objeto de este proyecto, acorde a esta se desarrolló la aplicación. Del modelo es importante destacar lo siguiente:

- Existe un acceso único y definido a la base de datos.
- La arquitectura de implementación se encuentra bien definida acorde a los parámetros establecidos por Microsoft en su grupo de mejores prácticas.
- Los componentes de seguridad, comunicaciones y operaciones; son transversales debido a que actúan en todas las capas propuestas.

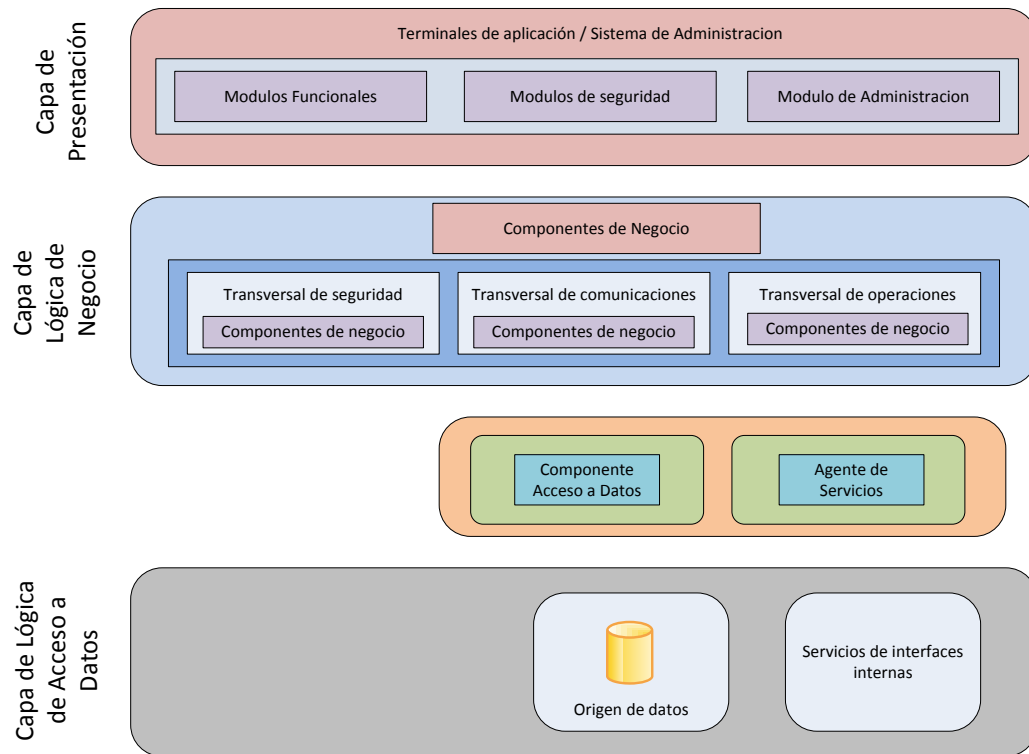


Ilustración 8: Arquitectura lógica propuesta

Arquitectura Física

La arquitectura del sistema JaverianAR, se representa en diferentes vistas de la arquitectura del sistema. Anteriormente, se presenta en la arquitectura lógica, la descripción de los componentes lógicos del sistema, estructura interna y sus relaciones. En la arquitectura física, describiremos las tecnologías que se utilizaron en la plataforma seleccionada para soportar las funcionalidades de la aplicación.

Para el diseño de la arquitectura lógica del sistema, se tuvieron en cuenta los siguientes objetivos:

- Incluir elementos de arquitectura orientada a servicios (SOA). Esto añade características importantes de integración.
- Lograr la mayor disponibilidad posible del sistema, eliminando la mayor cantidad de puntos de fallo.

- Seguir estándares de las tecnologías de punta de desarrollo de aplicaciones para *Android*.

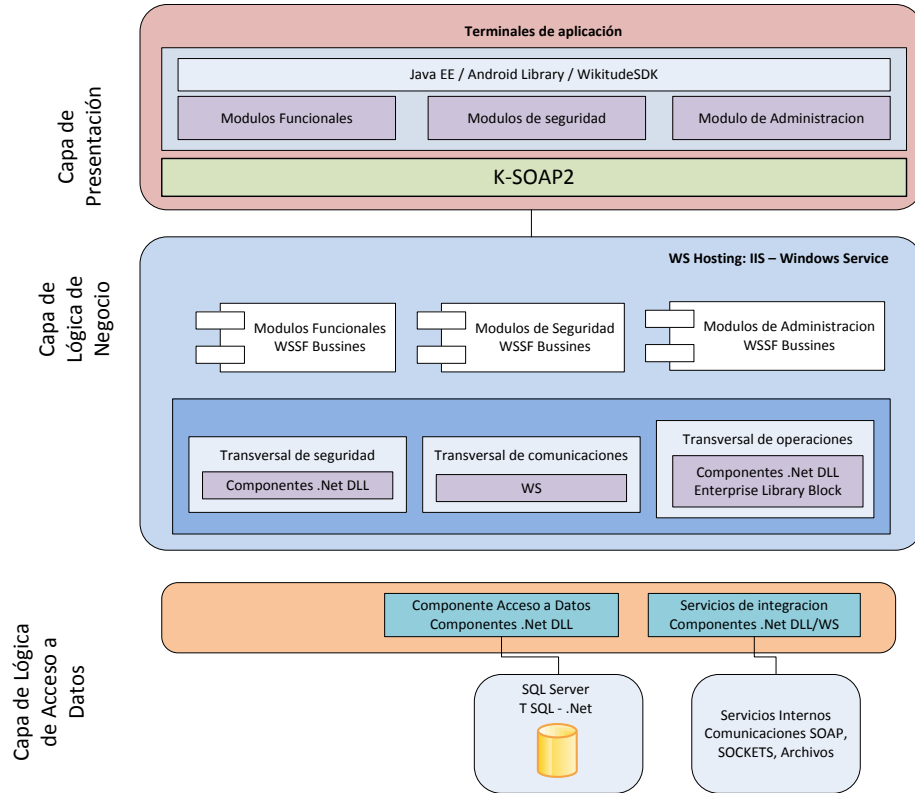


Ilustración 9: Arquitectura física propuesta

La siguiente tabla muestra los principales productos, tecnología y versiones a utilizar por cada una de las capas que tendrá el sistema JaverianAR.

Capa	Tecnologías
Capa de Presentación	<ul style="list-style-type: none"> • Java SE 7 • KSoap2 version 2.4 • Wikitude SDK 1.1 • Architect Engine 1.1 • Android SDK 4

Capa Lógica de Negocios	<ul style="list-style-type: none"> • NET Framework 2.0 / 3.0 / 3.5 / 4.0 • Web Services
Capa Lógica de Acceso a Datos	<ul style="list-style-type: none"> • NET Framework 2.0 / 3.0 / 3.5 / 4.0 • ADO .Net • SQL Server Express 2008 R2

Tabla 5: Tecnologías y versiones JaverianAR

Arquitectura de Despliegue

El siguiente diagrama muestra la propuesta de distribución física en la red de los equipos que soportaran la operación de todo el sistema JaverianAR.

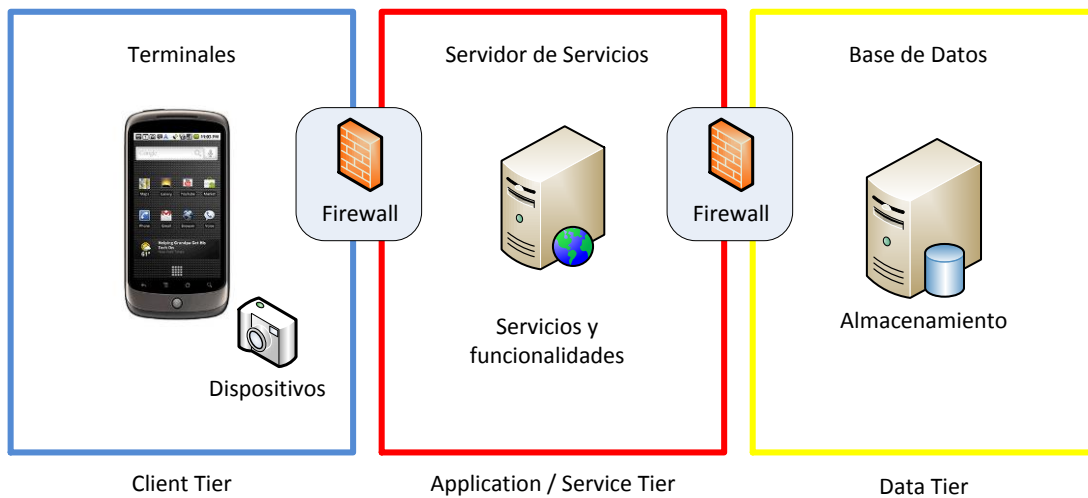


Ilustración 10: Arquitectura de despliegue

Sobre el diagrama anterior es importante sobresaltar los siguientes puntos:

- Existen tres zonas de seguridad sobre las que está distribuida el sistema. La división de las zonas se da por firewalls, que se encargan de proteger de intrusos cada una de las zonas del sistema.

- Existe una zona de servicios que contiene la capa de servicios de negocio que está expuesta a las terminales clientes.
- También existe una zona que contiene los servidores de base de datos y el sistema de almacenamiento, los cuales soportan la operación del sistema.
- Como se muestra en el diagrama anterior, las terminales no tienen funcionamiento Standalone, lo que demuestra que la aplicación servirá solo si se cuenta con la conexión hacia el servidor.

3. Implementación

Paso seguido a desarrollar una lista de los requerimientos que debía poseer el sistema y además de plantear la arquitectura según la cual el prototipo de la aplicación debía guiarse; se comienza la implementación de un prototipo que cumple con los requerimientos funcionales para lograr el objetivo principal del proyecto.

El primer paso fue obtener el ambiente de desarrollo necesario para poder comenzar el desarrollo sobre el mismo. Para esto se utilizaron los equipos con las siguientes características:

	Software	Hardware
Computador de Desarrollo	Windows 7 Professional	Procesador: Intel Core i7
	Entorno de desarrollo Eclipse EE	Memoria: 8 gb
	Android SDK	Disco Duro: 750 gb
	Wikitude SDK	
	KSoap Library	
Dispositivo Móvil de Pruebas	Android OS 4.0	Dual-core 1.2 GHz Cortex-A9
		Memoria: 1 gb
		Disco Duro: 16 gb
		Conectividad: Wifi – 3G

	GPS
	Sensores: Accelerometer, compass, gyro

Tabla 6: Características equipos de desarrollo

Después de tener las condiciones planteadas anteriormente para el desarrollo se realiza un proceso de elaboración de pequeños prototipos que incluyen las funcionalidades necesarias para cumplir el objetivo del trabajo de grado. Para el desarrollo del prototipo se utilizaron las prácticas de Programación extrema, nombradas anteriormente en este documento.

Servicios

El primer paso fue desarrollar servicios web escritos en lenguaje de programación C# utilizando el framework .Net. La intención de los servicios es proveer a la aplicación información de los lugares cercanos de interés. Estos puntos de interés serán consumidos por la aplicación quien se encargara por medio de la capa de presentación de mostrar la información adicional con realidad aumentada al usuario. La función principal de los servicios es acceder a la base de datos para más adelante procesar y realizar la lógica necesaria de negocio para que el aplicación funcione adecuadamente.

Se construyeron dos servicios principales nombrados a continuación:

- Login Service: Es un servicio que se encarga de validar que exista un usuario y además que la contraseña sea correcta. Este servicio se diseñó con el fin de permitir a un futuro tener conexión con servicios adicionales que la Pontificia Universidad Javeriana pueda llegar a proveer a la aplicación.
- POI Service: Este es el servicio que se encarga de obtener de la base de datos los puntos de interés cercanos que van a ser consultados por la aplicación para finalmente mostrárselos al usuario.

Para poder utilizar los servicios desde cualquier celular por medio de una conexión a internet, se consiguió un alojamiento gratuito de servicios en .Net y que incluye el alojamiento de la base de datos SQL Express 2008 R2. Este servicio gratuito se obtuvo por medio de una pági-

na web que ofrece alojamiento gratuito con las anteriores características. El nombre de la página es **somee.com**.

El contenido de la base de datos consta de dos tablas que contiene la información de todo el sistema. Una de ellas se encarga de almacenar la información de los puntos de interés. La otra contiene la información de los usuarios del sistema.

Wikitude

Es una aplicación de realidad aumentada, disponible para plataformas como *Android* y *iOS*. Además de ser una aplicación de realidad aumentada, también provee un framework para desarrolladores que facilita la implementación de la realidad aumentada en aplicaciones para dispositivos móviles. El framework que provee es gratuito con fines no comerciales, para un desarrollo más grande y con fines comerciales de costos no elevados. En este caso la aplicación se desarrolló con la versión del framework gratuita. De igual manera queda abierta la posibilidad de comprar una licencia para poder implementar un producto completo y de múltiples clientes por parte de la Universidad. A continuación una tabla que nos muestra los costos y limitaciones de la licencia del Framework ofrecido por la página oficial de Wikitude.

	Wikitude SDK Lite	Wikitude SDK Pro	Wikitude SDK Premium	Wikitude SDK Ultimate	Wikitude SDK Educational	Wikitude SDK Trial version
	Commercial licenses					
Unique Installs included (?)	10,000 (need more?)	50,000 (need more?)	125,000 (need more?)	1,000,000 (need more?)	100	n.a.
Supported Platforms	Android, BB10, iOS				Android, BB10, iOS	
Feature Set	Full AR feature set				Full AR feature set	
Maintenance Updates	12 months	12 months	12 months	12 months	n.a.	n.a.
Professional Support (?)	6 months	6 months	6 months	6 months	Community	Community
Limitations	None	None	None	None	Starting animation Wikitude logo in cam view Cannot be used for commercial projects	Watermark in cam view Starting animation Wikitude logo in cam view Cannot be used for commercial projects
Price	€ 299	€ 599	€ 999	€ 2,999	free	free

Ilustración 11: Costo y restricciones Wikitude SDK [31]

El SDK de Wikitude utiliza un componente de presentación que se llama Architect Engine, este componente de presentación es una sencilla página web que puede combinar herramientas de JavaScript, HTML5 y más. Este componente es utilizado desde nuestra aplicación y es donde visualizaremos cada uno de los puntos de interés que deseamos mostrar al usuario.

KSoap

Es una librería que se desarrolló para poder acceder a servicios web desde aplicaciones escritas en Java para plataformas móviles como *Android*. Gracias a esta librería podemos consultar los servicios que se plantearon correcto funcionamiento de la aplicación.

Aplicación JaverianAR

Como se menciona anteriormente, para desarrollar las aplicaciones para la plataforma *Android*, se utiliza el lenguaje de programación Java. Las aplicaciones en *Android* se caracteri-

zan por tener una serie de elementos principales que lo diferencia de una aplicación desarrollada en Java.

- **AndroidManifest.xml:**
Es el archivo que describe los componentes principales de una aplicación, además en este archivo se declaran los permisos y librerías necesarias para ejecutar la aplicación.
- **Componentes Activity:**
Son las ventanas con las que va a interactuar el usuario. Las aplicaciones en *Android* pueden contener varias actividades; generalmente una marcada como la principal. Desde estos componentes se puede establecer el contenido visual.
- **Intents:**
Son mecanismos para el paso de mensajes, se utilizan generalmente para abrir Activities y comunicarse entre ellas.
- **Proveedores Nativos de *Android*:**
Por medio de estos componentes se puede acceder a funcionalidades nativas del sistema operativo.

Entendidos los componentes anteriores de la estructura de desarrollo en *Android*, se implementa una aplicación que cuenta con dos “Actividades”, la actividad de Login, quien se encarga de la validación de datos registrados en el sistema; y la actividad que se encarga de traer los puntos de interés para ser presentados al usuario.

Estas actividades contaron con la estructura básica del ciclo de vida de aplicaciones en sistema operativo *Android*. A continuación se presenta una gráfica del ciclo de vida de estas aplicaciones:

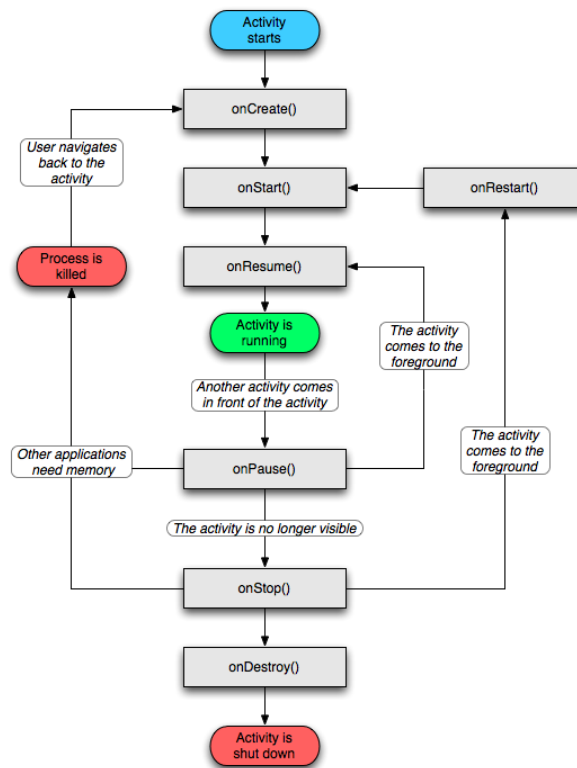


Ilustración 12: Ciclo de vida aplicaciones Android [32]

- Actividad Login:

Esta es la actividad que permite a los usuarios acceder al sistema que se encarga de mostrar los puntos de interés dentro de la Pontificia Universidad Javeriana.



Ilustración 13: Captura en pantalla Actividad Login JaverianAR

- **Actividad Navegador:**

Es la actividad que contiene un navegador de realidad aumentada que permite a los usuarios ver los puntos de interés dentro de la Pontificia Universidad Javeriana. En esta actividad se hace uso de una conexión a internet (Datos o Wifi), que permite acceder a los servicios donde se encuentran publicados los puntos de interés. De igual forma se hace uso de los radares de localizaciones basados en GPS o localización relativa basados en red de celular y Wifi.

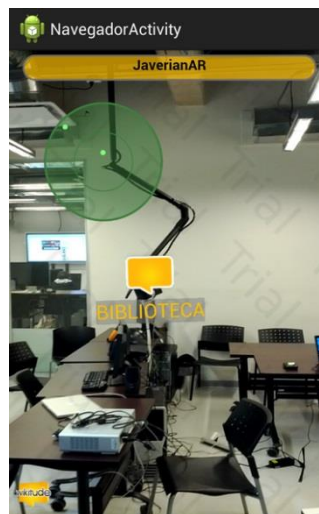


Ilustración 14: Captura en pantalla Actividad Navegador JaverianAR

Finalmente utilizando las herramientas, técnicas y arquitectura mostrada anteriormente, se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo *Android 4.0*, que cumpliera con los requerimientos funcionales que permitirán cumplir con el objetivo principal de este proyecto: “Mejorar la experiencia de movilidad dentro del campus de la universidad Javeriana a través de una herramienta de ubicación geográfica desarrollada a partir del uso de tecnología de realidad aumentada y orientada a dispositivos móviles con sistema operativo *Android* versión 4.0.”.

4. Validación

Por último se realizó una etapa de validación de la aplicación, verificando que la misma cumpliera los requerimientos funcionales planteados durante el desarrollo del trabajo.

La validación consto de la prueba de la aplicación por parte de dos expertos en el área de desarrollo de software, quien utilizó la aplicación y dieron el visto bueno al cumplimiento de los requerimientos funcionales.

Anexo a este documento se encuentra la carta firmada de cada una de los dos expertos que ayudaron en la validación del prototipo funcional.

El perfil de los expertos que colaboraron en la tarea de validación de software son los siguientes:

- Carlos Alfonso Molina
 - Ingeniero de Sistemas - UNAD
 - Especialista en Ingeniería de Software – Universidad Distrital de Colombia
 - Arquitecto de Software – AXEDE S.A
 - 12 Años de experiencia en desarrollo de software y telecomunicaciones.

- Miguel Camilo Piragauta Pedraza
 - Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones – Universidad Católica de Colombia.
 - Diplomado en Gerencia de Proyectos – Universidad de la Sabana.
 - Estudiante Posgrado Gerencia Estratégica.
 - Director de Desarrollo E-Global Technology.
 - Gerente de Proyectos – PyP Ingenieros.
 - 6 Años de experiencia en desarrollo de software.

Algunas de las recomendaciones y conclusiones que surgieron a partir de esta tarea de validación son las siguientes:

- Mejorar la interfaz gráfica de usuario, para permitir una interacción más fácil del usuario con aplicación.
- Aumentar el número de puntos de interés basándose en los recursos internos de cada uno de los edificios mostrados en la aplicación.
- Permitir al usuario elegir el tipo de punto de interés que desea buscar (académico, deportivo, entre otros).
- Consultar con expertos en diseño, para mejorar la combinación de colores la cual hace uso la aplicación.
- Permitir la utilización de la aplicación rotando la pantalla del dispositivo móvil.
- La aplicación cumple con los requerimientos funcionales planteados en la segunda etapa de este proyecto.
- Es necesario crear un módulo de administración del sistema que permita agregar nuevos puntos de interés sin hacer interacción directa con la base de datos.
- Sería de mayor interés para los usuarios si ellos mismos pudieran agregar puntos de interés para que fueran consultados por los demás.
- A nivel general la aplicación tiene una correcta estructuración de la arquitectura.

IV – CONCLUSIONES, RESULTADOS Y REFLEXIÓN SOBRE LOS MISMOS

Como resultado del proyecto, se obtiene una aplicación para dispositivos móviles que aporta dando una posible solución a problemas de ubicación y movilidad de los integrantes de la comunidad universitaria de la Pontificia Universidad Javeriana y de sus visitantes. Por medio de esta aplicación las personas que deseen encontrar el lugar al que se dirigen dentro del campus de la universidad, podrán fácilmente consultarlo por medio de un dispositivo móvil de punta, que cuente con la tecnología del sistema operativo *Android 4.0*. De igual manera el uso de la herramienta de realidad aumentada, permite una mejor interacción entre las personas y el mundo que tienen alrededor, dándoles información adicional sobre cada uno de los edificios o locaciones con los que cuenta el campus.

Es necesario entender que del prototipo funcional desarrollado es solo un proyecto que abre las puertas a mejoras y a integración de los servicios de la universidad con la aplicación; de esa manera se abre camino a la utilización de los dispositivos móviles como herramientas dentro del ámbito académico.

La revolución de la realidad aumentada está en un momento crucial lo que permite a desarrolladores y creativos, utilizar este tipo de herramientas que son amigables con los usuarios. Sobre todo se pueden combinar con tecnologías en hardware como las que hoy en día se encuentran en celulares modernos.

Para lograr un resultado en este tipo de aplicaciones, que pueda ser presentado al público es necesario mayor tiempo de trabajo y un grupo de colaboradores que puedan plasmar cada una de las sugerencias y peticiones de los posibles usuarios en la aplicación. Este prototipo funcional muestra un poco de lo que puede ser el futuro de los dispositivos móviles aplicados en las comunidades universitarias.

V – RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

1. Recomendaciones

Para trabajos futuros con un problema similar, se recomienda disponer mayor cantidad de tiempo y trabajar con un equipo que permita la división de tareas; de esta forma evitar la sobrecarga de trabajo en un área tan amplia como lo es el desarrollo de aplicaciones, en este caso de aplicaciones móviles.

También se recomienda para trabajos futuros basarse en experiencia de trabajos similares, para poder obtener la mayor cantidad de información ya plasmada con anterioridad y de esta forma utilizarla para el desarrollo de un futuro trabajo. De igual manera se debe hacer uso de la gran cantidad de herramientas existentes para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada y para dispositivos móviles; de esta forma nos evitamos realizar trabajos que ya se encuentran maduros en el área que no encontramos.

2. Trabajos Futuros

La aplicación JaverianAR es la base para un trabajo de integración de servicios universitarios para la comunidad, en dispositivos móviles. El desarrollo de tecnologías para la sociedad de hoy, pide la utilización de mecanismos de comunicación como los dispositivos móviles; en ese orden de ideas se puede pensar en la integración de cada una de las herramientas que ofrece la Pontificia Universidad Javeriana por medio de sus portales web, a aplicaciones que sean utilizadas mediante dispositivos móviles.

Para una popularización efectiva de la aplicación, es necesario tener un plan que permita crear un desarrollo para cada uno de los sistemas operativos para dispositivos móviles. De esta forma se podría asegurar la utilización de la aplicación no solo en dispositivos con sistema operativo *Android*, sino desde cualquier dispositivo móvil que cuente con una serie de requerimientos para que la aplicación funcione.

Finalmente se puede realizar una comunidad colaborativa que permita a cada uno de los usuarios de la aplicación, agregar puntos de interés que los demás usuarios puedan ver. De esta

forma se crearía una capa colaborativa de puntos de interés donde los usuarios de la aplicación dieran a conocer localizaciones que quieren que los demás puedan conocer.

VI - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- [1] ITU (International Telecommunication Union); “Key Global Telecom Indicators for the World Telecommunication Service Sector”; http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/at_glance/KeyTelecom.html.
- [2] IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi); “Mapas de Colombia”; <http://www.igac.gov.co/>.
- [3] AZUMA Ronald T. “A Survey of Augmented Reality”; Hughes Research Laboratories; Estados Unidos, 1997.
- [4] CCSB (Centro Comercial Santafé Bogotá); “Mapa del centro comercial”; <http://www.centrocomercialsantafe.com/bogota/mapa>.
- [5] SNIES (Sistema Nacional de Información de la Educación Superior); “Estadísticas del Sector Educativo”; <http://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/>.
- [6] PUJC (Pontificia Universidad Javeriana de Colombia); “Mapa del Campus”; <http://www.javeriana.edu.co/campus/>
- [7] PUJC (Pontificia Universidad Javeriana de Colombia); “Boletín Estadístico 2008”; http://www.javeriana.edu.co/puj/rectoria/sec_planeacion/estadisticas.htm.
- [8] PUJC (Pontificia Universidad Javeriana de Colombia); “Boletín Estadístico 2007”; http://www.javeriana.edu.co/puj/rectoria/sec_planeacion/estadisticas.htm.
- [9] PUJC (Pontificia Universidad Javeriana de Colombia); “Planeación Universitaria 2007 - 2016”; <http://www.javeriana.edu.co>.
- [10] GARTNER INC.; “Gartner Says 428 Million Mobile Communication Devices Sold Worldwide in First Quarter 2011, a 19 Percent Increase Year-on-Year”; <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1689814>.
- [11] ARETI DAMALA Pierre Cubaud; “Bridging the Gap between the Digital and the Physical: Design and Evaluation of a Mobile Augmented RealityGuide for the Museum Visit”; DIMEA '08 Proceedings of the 3rd international conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts.
- [12] URRAZA Juan; “La Realidad Aumentada”; Universidad Católica Nuestra Señora de Asunción; Paraguay.

- [13] SUNG Dan; “The History of Augmented Reality”; <http://www.pocket-lint.com/news/38803/the-history-of-augmented-reality>; 2011.
- [14] RHEINGOLD, H. (1992). “La realidad virtual, Simon & Schuster”; New York; 1992.
- [15] WEINAND Lars; “Head Mounted Display (HDM)”; 2005; <http://www.tomshardware.com/reviews/3d-stereo-technology,1023-4.html>.
- [16] WAGNER Daniel; “History and Future of Tracking for Mobile Phone Augmented Reality”; International Symposium on Ubiquitous; 2009.
- [17] THOMAS Bruce, CLOSE Ben, SQUIRES Jhon, MORRIS Michael; “ARQuake: An Outdoor/Indoor Augmented Reality First Person Application”, School of Computer and Information Science, University of South Australia; Australia.
- [18] PIEKARSKI Wayne, THOMAS Bruce; “ARQuake: The outdoor Augmented Reality Gaming System”; 2002.
- [19] THOMAS Bruce, KRUL Nicholas, CLOSE Benjamin; “Usability and Playability Issues for ARQuake”; University of South Australia.
- [20] HERAS Lizbeth; “La Realidad Aumentada: Una tecnología en espera de usuarios”; Revista Digital Universitaria; Universidad Autónoma de México; México, 2004.
- [21] MILGRAM P, KISHINO F, "Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays"; 1994.
- [22] AZUMA R.; "Tracking Requirements for Augmented Reality." Communications of the ACM; 1993.
- [23] ARTToolkit Project; Pagina Web del Proyecto; <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- [24] ANNALLEIS; “An Afternoon of Augmented Reality”; 2010; <http://annaellis.wordpress.com/2010/06/25/an-afternoon-of-augmented-reality/>.
- [25] KATO, H., BILLINGHURST, M. "Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system.", In Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR 99), 1999.
- [26] GORDON Janey; “The Mobile Phone, an Artefact of Popular Culture and Tool of the Public Sphere”; Convergence: The International Journal of Research into New Media Technologies; 2002.
- [27] AGAR Jon; “Constant Touch: A Global History of the Mobile Phone”; Cambridge; 2005.

- [28] Android Developer; “Android Architecture”; <http://developer.android.com/about/versions/index.html>.
- [30] Microsoft Patterns & Practices Team; “Microsoft® Application Architecture Guide”; 2009.
- [31] WIKITUDE; “Buy Wikitude SDK”; 2012; <http://www.wikitude.com/>.
- [32] ANDROID DEVELOPER; “Android LifeCycle”; 2012; <http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html>.
- [23] KENDALL & KENDALL; “Análisis y Diseño de Sistemas”; Ed. Pearson Prentice Hall; México, 2010.
- [24] Universidad Nacional de Colombia, Vicerrectoría General; “Metodología para la administración del riesgo”; SIMEGE, Sistema de Mejor Gestión UN.
- [25] INNOVAE VISION Tecnología Interactiva; “Museos y parques temáticos”; <http://www.realidadaumentada.info/museos.html>.
- [26] CADILLO JUAN RAUL; “Archivos para proyecto libro de realidad aumentada – Museo arqueológico de ancash”; <http://conocimientoysistemas.wordpress.com/>.
- [27] BANCOLOMBIA; “Servicio al cliente”; <http://www.grupobancolombia.com/>.
- [28] DAVIVIENDA; “Productos y servicios”; <http://www.davivienda.com/>.
- [29] GOOGLE INC; “Android Developers”; <http://developer.android.com/>.
- [30] BARACALDO MONTENEGRO, JOSE ERNESTO; “Realidad aumentada distribuida para exteriores”; Trabajo de grado; 2007.
- [31] PINZON LATORRE, MARCELA; “Sistema interactivo de realidad aumentada”; Trabajo de grado; 2008.
- [32] SHMALSTIEG, DIETER; “A handheld augmented reality museum guide”; IADIS International Conference Mobile Learning; 2005.
- [33] HOJCIECHOWSKI, RAFAEL; “Building Virtual and Augmented Reality Museum Exhibitions”; Department of Information Technology, The Poznan University of Economics; Poland.

VII - ANEXOS

Anexo 1. Post Mortem

Anexo 2. Carta Validación Prototipo Experto 1

Anexo 3. Carta Validación Prototipo Experto 2

Anexo 4. Formato Entrevista

Anexo 5. Encuestas y resultados

Anexo 6. Manual de Instalación Aplicación

Anexo 7. Manual de Usuario Aplicación