

# APLICACIÓN MÓVIL PARA APOYAR AL TURISMO DEL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO, UTILIZANDO REALIDAD AUMENTADA Y GEOLOCALIZACIÓN

Daniel Vera Yáñez<sup>1</sup>, Oswaldo Díaz<sup>2</sup>, Diego Marcillo<sup>3</sup>

1 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, [danielvera64@gmail.com](mailto:danielvera64@gmail.com)

2 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, [odediaz@espe.edu.ec](mailto:odediaz@espe.edu.ec)

3 Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador, [dmmarcillo@espe.edu.ec](mailto:dmmarcillo@espe.edu.ec)

## RESUMEN

*En el presente artículo se muestra la aplicación de técnicas de realidad aumentada RA y la geolocalización para la creación de una aplicación móvil que ayude al turismo del Centro Histórico de Quito, llamado "QuitoRA". Quito capital del Ecuador recibe anualmente 545.000 turistas, en donde surge la necesidad de una aplicación compatible con los dos sistemas operativos móviles más populares (iOS, Android) del mercado, la cual ayude al turista nacional y extranjero a identificar las principales iglesias y zonas históricas de la ciudad. "Quito RA" logra esto usando la cámara del dispositivo móvil y apuntando a una iglesia, el software reconoce la edificación y muestra información sobre el mismo, la aplicación utiliza la geolocalización para dirigir al usuario al siguiente punto reconocible. Como IDE de desarrollo se utilizó Unity game engine, el cual nos permitió desarrollar una aplicación que sea compatible con iOS y Android. Para la realidad aumentada se escogió Vuforia SDK, el cual permitió agregar las funcionalidades de la realidad aumentada en nuestra aplicación de una forma sencilla, al ser compatible con Unity. La metodología utilizada fue OOHDM (Object Oriented Hypermedia Design Methodology) ya que es compatible con el desarrollo de aplicaciones móviles y da una buena base para el proceso.*

**Palabras Clave:** Realidad Aumentada, Geolocalización, OOHDM.

## ABSTRACT

*This article demonstrates the use of augmented reality and geolocation for the creation of a mobile application that helps the tourists of Quito's Historic Center, called "QuitoRA". Ecuador's capital Quito receives 545.000 tourists annually where the need for an application that supports the two most popular mobile operating systems of the market (iOS, Android) which helps the domestic and foreign tourists to identify the main churches and historic areas of the city. Using the mobile device camera and point to a church, the software recognizes and displays information about the church, the application uses geolocation to direct the user to the next recognizable point. As development IDE Unity game engine which allowed us to develop an application that supports iOS and Android. Vuforia SDK added the augmented reality functionality in the application in a simple way as it is supported by Unity. The methodology used was as OOHDM that supports the development of mobile applications and provides a good basis for development.*

**KeyWords:** Augmented Reality, Geolocalitation, OOHDM.

## 1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Quito tiene un gran número de turistas extranjeros y nacionales, los cuales llegan a ser 545.000[1] anualmente con lo cual surge la necesidad de mostrar a los visitantes los lugares importantes de la ciudad, como es el caso del Centro Histórico. Se puede mejorar esta tarea desarrollando una aplicación móvil que informe sobre ciertos lugares representativos del centro histórico como son sus iglesias, con lo cual el turista podrá aprender sobre la historia del lugar que está visitando. La solución es muy viable ya que en los últimos años disponer de un dispositivo inteligente se ha convertido en una necesidad del día a día. Los sistemas operativos móviles iOS y Android, ocupan casi el 100% del mercado[4]. Los aspectos antes mencionados facilitan que casi cualquier persona pueda acceder a la aplicación turística para el centro histórico.

En un principio se pretendía que la aplicación sea exclusiva para la plataforma iOS, pero esto causaría que se pierdan todos los posibles usuarios Android, por lo cual se decidió utilizar el Game Engine Unity. Unity nos permite realizar una aplicación multiplataforma, lo que quiere decir que solo se programa una vez y se puede compilar para una amplia variedad de plataformas entre ellas iOS y Android.

La aplicación utilizará la realidad aumentada para ayudar al usuario a reconocer las diferentes iglesias que existen en el centro histórico y conocer los principales detalles de estas. La geolocalización dará al turista una referencia de donde está el siguiente punto de interés, tomando en cuenta la posición en la que se encuentra en ese momento. Con esta aplicación el turista no requerirá de tener un guía de turismo para poder aprender sobre el lugar que esta visitando.

En el presente documento se explica las herramientas utilizadas para desarrollar la aplicación así como las pruebas realizadas con las misma y los resultados obtenidos.

## 2. METODOLOGÍA

Para la elaboración del software se ha definido el uso de la metodología Object Oriented Hypermedia Design Methodology (OOHDM) junto con el lenguaje Unificado de Modelado (UML); con el objetivo de agilizar el diseño de la aplicación móvil. Esta metodología se creo pensando en las aplicaciones web, cuya principal característica es la navegabilidad, característica fundamental de las aplicaciones móviles, la cual no es tomada en cuenta en otras metodologías, haciendo a OOHDM una gran herramienta para el desarrollo móvil.

### 2.1 Fases OOHDM [2]

La metodología OOHDM constas de las siguientes fases:

- Análisis de Requerimientos.
- Diseño Conceptual.
- Diseño Navegacional.
- Diseño de la Interfaz Abstracta.
- Implementación.

#### 2.1.1 Análisis de Requerimientos

Se reúne la información necesaria para definir las funcionalidades, procesos y actividades que conformarán la creación de la aplicación móvil.

##### 2.1.1.1 Requerimientos funcionales

- El sistema reconocerá 7 edificaciones situadas en el Centro Histórico de Quito, Ecuador.
- El sistema mostrará la información de los 7 lugares geográficos situados en el Centro Histórico de Quito, Ecuador.
- La aplicación permitirá tomar fotos usando la cámara del dispositivo móvil.
- El software mostrará a que distancia se encuentra el usuario del punto de interés más cercano.

### **2.1.1.2 Requerimientos funcionales**

- La aplicación funcionará bajo los sistemas operativos iOS (Apple) y Android (Google).
- El software requiere que el dispositivo tenga conexión a internet, mientras la aplicación esta en funcionamiento.
- Para que el software pueda reconocer las edificaciones se necesita que el objeto este iluminado, por lo cual se debe usar la aplicación durante el día.

### **2.1.2 Diseño Conceptual**

Se elaboró un esquema conceptual representado por los objetos de dominio o clases y las relaciones entre dichos objetos. El diagrama de clases de la aplicación se encuentra en la Figura 1.

### **2.1.3 Diseño Navegacional**

Se precisan las clases de navegación como enlaces, nodos y estructuras de acceso generalizadas del esquema conceptual. Se describe la estructura navegacional en términos de contextos navegacionales. El diagrama navegacional está detallado en la Figura 2.

### **2.1.4 Diseño de la Interfaz Abstracta**

Se define la forma en la cual deben aparecer los contextos navegacionales. Se incluye el modo en que dichos objetos de interfaz activarán la navegación y el resto de funcionalidades de la aplicación[2].

### **2.1.5 Implementación**

Dedicada a la puesta en marcha de la aplicación, es donde los objetos de interfaz se enlazan con los objetos de implementación. Los modelos fueron elaborados sin tomar en cuenta la plataforma de implementación; en esta fase se tiene en cuenta los entornos en los cuales se va a correr la aplicación.

## **3. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN**

### **3.1 IEEE STD 830 - 1998 [3]**

Se detallaron los requerimientos en base al estándar IEEE STD 830 - 1998, en donde se diseñó el alcance del proyecto determinado como sigue:

La aplicación móvil "QuitoRA" funcionará bajo los dos sistemas operativos móviles más comunes en el mercado iOS, Android [4]. El software reconocerá 7 edificaciones dentro del centro histórico de Quito y 7 lugares geográficos, presentando información histórica de los mismos.

### **3.2 UNITY**

Unity es un motor de videojuegos para Mac y PC, los motores de videojuegos son la parte principal de este. Desde el diseño visual hasta las matemáticas detrás de cada cuadro (frame) del juego, el motor decide como se van a mostrar los gráficos en la pantalla hasta las reglas que va a seguir el juego. [5]

Unity permite crear una aplicación multiplataforma, esto quiere decir que solo se debe programar una vez y Unity generará el archivo ejecutable compatible para el sistema operativo de nuestra elección es este caso iOS y Android.

### **3.3 VUFORIA SDK**

Vuforia es un conjunto de librerías que permite desarrollar una aplicación que utilice la realidad aumentada. La especialización de Vuforia es el reconocimiento de imágenes, para que sea útil reconociendo objetos físicos (edificaciones), para lo cual se debió realizar algunas modificaciones a la librería y alimentar al sistema con un gran número de fotografías del objeto que se desea reconocer. [6]

## 4. ENTREGABLES DEL PROYECTO

Los documentos y la aplicación están sujetos a cambios incluso después de haber finalizado el proyecto, como es el caso de nuevos requerimientos o en el caso de encontrar errores que no se encontraron en la etapa de pruebas.

Al haber utilizado la metodología OOADM, implica un proceso iterativo de las fases del desarrollo de software, los mismos que son listados a continuación.

### 4.1 Diagrama de clases

El diagrama de clases permite visualizar las relaciones entre las clase que involucran al sistema y como estas se comunican entre sí.

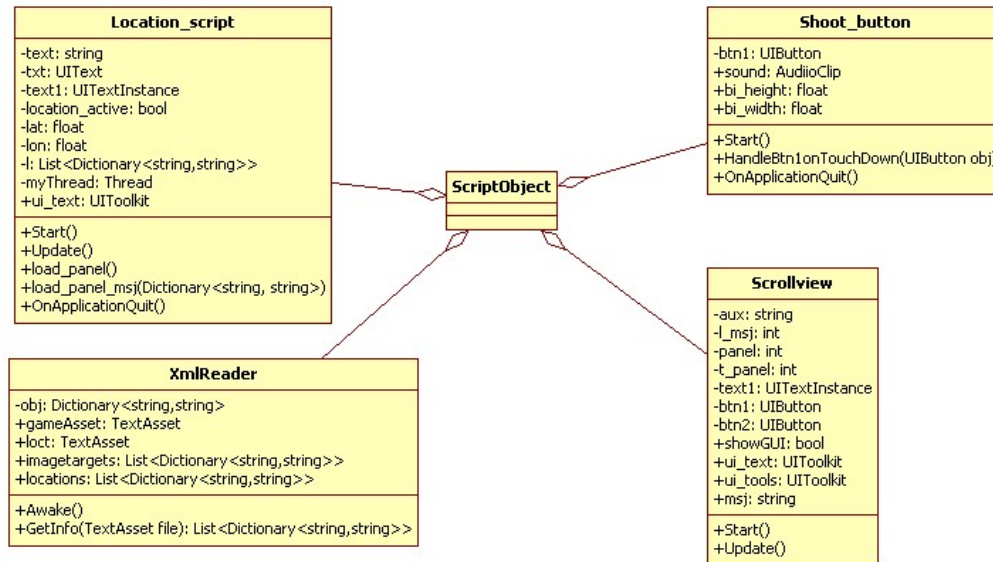


Figura 1. La figura muestra el diagrama de clases de la aplicación.

### 4.3 Aplicación del Diseño Navegacional

Al diseñar todos los diagramas de contexto, uno para cada caso de uso con las respectivas tarjetas de especificación, fue preciso reunir esta información en un solo diagrama, que lo organice, este es el diagrama de aplicación del diseño navegacional, que se presenta en la Figura 2.

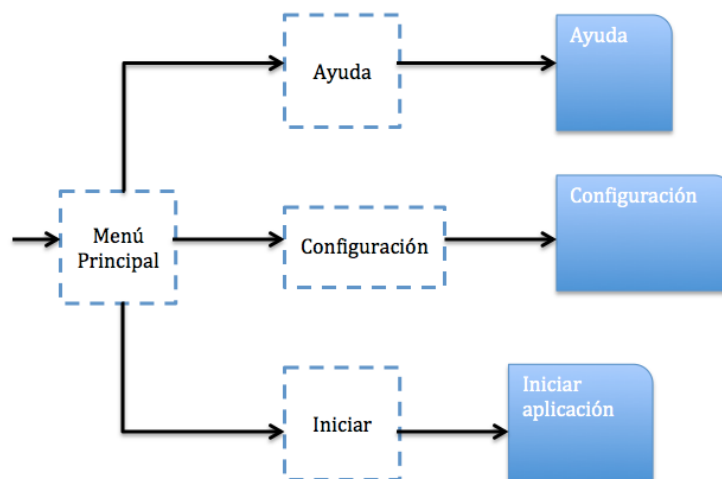


Figura 2. Se muestra el diseño navegacional de la aplicación.

## 5. IMPLEMENTACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA Y GEOLOCALIZACIÓN EN LA APLICACIÓN MÓVIL

### 5.1 Consideraciones de la programación de realidad aumentada utilizando Vuforia

Para entender como funciona la realidad aumentada se debe tomar en cuenta los siguientes términos:

- **Marcador(Marker):** La imagen que va a reconocer la aplicación.

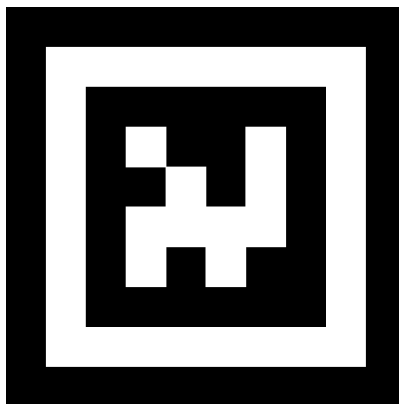


Figura 3. La imagen representa un marcador de realidad aumentada.

- **Características(Features):** El grado de detalles que tiene un marcador, se facilita el reconocimiento a mayor número de detalles.

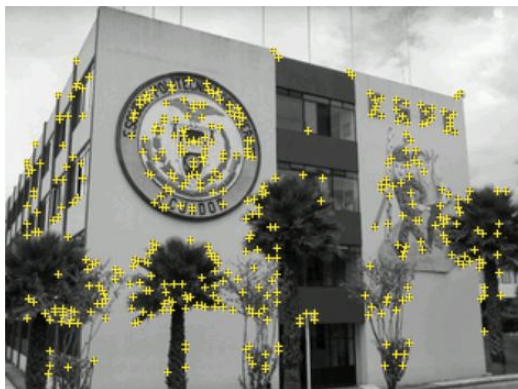


Figura 4. Se muestran las características de una fotografía del bloque central de la ESPE.

- **Objeto RA:** Objeto digital que la aplicación va a posicionar encima del marcador.



Figura 5. La figura muestra objeto RA al ser reconocido su respectivo marcador.

Uno de los primeros retos que se afrontó para realizar esta aplicación, fue el hecho de que el SDK Vuforia está diseñado para reconocer imágenes no estructuras físicas reales (edificaciones), para que la aplicación pueda reconocer estos objetos, se tuvo que alimentar a la aplicación con un gran número de fotografías de la edificación tomados desde diferentes ángulos, con esto la aplicación va comparando cada una de las fotografías con la imagen capturada por la cámara del dispositivo móvil en tiempo real. Esto lo hace hasta encontrar la fotografía más parecida a la imagen de la cámara, así la aplicación sabe que edificación es y procede a cargar el Objeto RA que en nuestro caso es el nombre de la estructura y una leyenda informativa de la misma.

## 5.2 Consideraciones especiales de la geolocalización

La geolocalización son las coordenadas geográficas (latitud y longitud) de un punto en el globo. Este punto puede representar en donde se encuentra una persona u objeto en el planeta Tierra. Esto nos permitió añadir dos características a la aplicación que son las siguientes:

### 5.2.1 Distancia entre dos puntos geográficos

Para calcular la distancia entre 2 puntos geográficos (latitud, longitud) se utilizó la fórmula de Haversine [7]:

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta\varphi}{2}\right) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right) \quad (1)$$

$$c = 2 \cdot \tan^{-1}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2)$$

$$d = R \cdot c \quad (3)$$

Donde:

$\varphi$  : latitud.

$\lambda$  : longitud.

R : radio de la Tierra (6371 km).

Con esto logramos calcular la distancia entre el usuario y el punto de interés más cercano.

### 5.2.2 Ruta para llegar a un punto geográfico específico

La aplicación posee una flecha que apunta hacia el punto de interés más cercano con relación a la posición actual del usuario, esto se logra calculando el Rumbo (Bearing) del usuario y se lo realiza con la siguiente fórmula [7]:

$$\theta = \tan^{-1}(\sin(\Delta\lambda) \cdot \cos(\varphi_2), \cos(\varphi_1) \cdot \sin(\varphi_2) - \sin(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \cos(\Delta\lambda)) \quad (4)$$

Donde:

$\varphi$  : latitud.

$\lambda$  : longitud.

Tanto la distancia como el rumbo se ven representados por una flecha en la parte superior izquierda de la pantalla del dispositivo como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Captura de la aplicación que muestra la distancia y el rumbo.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Evaluación de resultados experimentales

Los resultados obtenidos luego de implementar la aplicación móvil van con las siguientes consideraciones:

Se ha utilizado una red 3g (OTECCEL) con una velocidad estimada de 3 Mbps, con 2 equipos portátiles, un teléfono iPhone 4, procesador Apple A4 800 MHz y GPU PowerVR SGX 535, 512 MB de memoria RAM, iOS 5.1.1; una tablet Samsung galaxy tab 2, procesador dual core 1GHz, 1 GB de memoria RAM, Android 4.1.

La primera prueba se la realizó en el campus de Sangolquí de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, usando la biblioteca Alejandro Segovia, bloque central y el coliseo Miguel Iturralde como puntos de realidad aumentada. Se tomo un total de 20 fotografías de cada una de las edificaciones para alimentar a la aplicación.

El reconocimiento del bloque central y del coliseo fue satisfactorio, en el caso de la biblioteca se requirió aumentar fotografías para que la aplicación identifique exitosamente a la biblioteca.

Con esta primera prueba se determinó que la edificación que se desea identificar debe tener una cantidad considerable de rasgos (marcadores), caso contrario se debe alimentar a la aplicación con un mayor número de fotografías.



Figura 7. Fotografía con marcadores de identificación (Biblioteca).

La Figura 7 nos muestra los marcadores de identificación de una fotografía de la Biblioteca Alejandro Segovia, con la cual podemos identificar que la mayoría de marcadores no se encuentran dentro de la biblioteca por lo que hace más difícil el reconocimiento de la misma, lo que no se da en la Figura 8 (fotografía del bloque central) que claramente muestra que la mayor agrupación de marcadores se encuentran en el edificio.

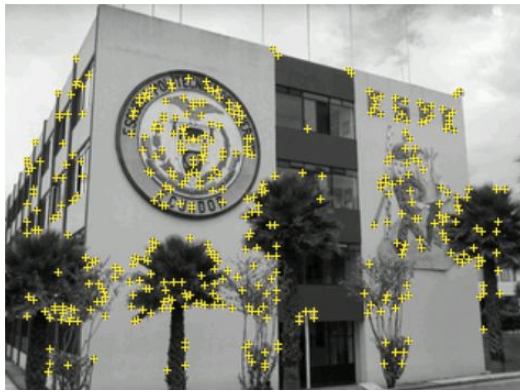


Figura 8. Se muestran las características de una fotografía del bloque central de la ESPE.

Resueltos estos inconvenientes la aplicación reconoció exitosamente las 3 edificaciones dentro del campus como muestra la Figura 9.



Figura 9. Se muestra como la aplicación reconoce el Bloque Central.

## 6.2 Algoritmo de reconocimiento de imágenes

Para alimentar a la aplicación con los marcadores (fotografías) de reconocimiento, se las debe cargar en la herramienta online que nos ofrece Vuforia (<https://developer.vuforia.com/targetmanager/>), en la cual en base a su algoritmo de reconocimiento propietario de Qualcomm (empresa creadora de Vuforia SDK) da al marcador una calificación de un máximo de 5 puntos, esto significa que a la aplicación le va a resultar más simple reconocer un marcador con 5 puntos que uno que solo tenga 1 punto. Un ejemplo se aprecia en la Figura 10.

vuforia developer Search Resources Target Manager Support davy128

Target Manager / Device Databases / espe\_prueba / central13

**central13** Rename Delete

Hide Features

Target ID: 853921c75fa1401b8c4f512d8a1fce73

Augmentable: ★★★★★ ⓘ

- Increase the total number of features in the image by adding more visual detail to the whole scene

Added: Nov 15, 2013  
Modified: Nov 15, 2013

Target Image [Change](#)

Figura 10. Calificación de 5 puntos a un marcador de la aplicación.



Ya que el algoritmo es propietario Qualcomm no lo da a conocer, pero de acuerdo al portal de desarrolladores de Vuforia para que un marcador tenga una buena calificación debe tener una alta densidad y distribución uniforme de detalles y que no tenga patrones repetitivos. Para que una imagen sea fácilmente reconocida por la aplicación es necesario que tenga un puntaje igual o superior a 3 puntos. En base a la imágenes cargadas a la herramienta online de Vuforia y la calificación obtenida se ha obtenido una gráfica que se halla en la Tabla 1:

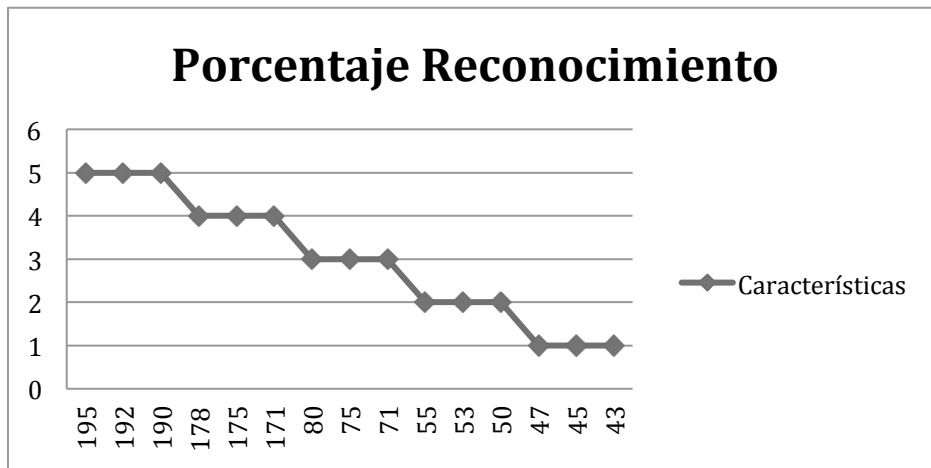


Tabla 1. Gráfica características vs el puntaje de una imagen.

## 7. TRABAJO RELACIONADO

En [8] de una explicación más amplia de como funciona Vuforia v1.5 SDK y que imágenes usar para tener una mayor probabilidad de que la aplicación reconozca satisfactoriamente los marcadores y como se desempeña Vuforia en distintos dispositivos móviles.

## 8. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Unity Engine nos ha permitido desarrollar una aplicación multiplataforma, sin la necesidad de reescribir y compilar el código fuente para adaptarlo a cada sistema operativo. Vuforia SDK ayudó a que la programación para la realidad aumentada sea fácil y al ser compatible con Unity multiplataforma (iOS, Android). Vuforia SDK esta orientado al reconocimiento de imágenes y no esta diseñado para la detección de objetos físicos, por lo cual se requirió realizar algunas modificaciones para que esta librería nos sea de utilidad. Al utilizar la metodología OOHDm y el patrón de diseño MVC, facilitó el desarrollo de la aplicación y el proceso de control de calidad de la misma ya que esta metodología es compatible con el desarrollo móvil.

La aplicación QuitoAR no solo puede estar enfocada en el turismo, puede ser usada como un medio de orientación e información de cierta área geográfica, como por ejemplo podría ayudar a los estudiantes nuevos de una institución educativa a encontrar las dependencias de la misma con facilidad. Como un futuro proyecto utilizando esta tecnología, se puede realizar una aplicación que al apuntar la cámara del dispositivo a un texto (impreso, señal, anuncio), el software da lectura del mismo y tiene la capacidad de traducción al idioma requerido, lo cual puede ser de mucha ayuda.

## 9. AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Oswaldo Díaz y Diego Marcillo por su colaboración en cada paso de este proceso de investigación.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Empresa Pública Metropolitana Quito Turismo, “*Quito en Cifras*”, Abril 2013; <http://www.quito-turismo.gob.ec/>
- [2] Pressman, R.S., “*Software Engineering: a practitioner's approach*”, 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2010, pp390-393.
- [3] IEEE, Estándar IEEE STD 830 – 1998, 22 de Octubre de 2008.
- [4] Gottesman, B. “*Reader's Choice Awards 2013: Smartphones and Mobile Carries*”, 13 de Marzo de 2013; <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2416521,00.asp>
- [5] Smith, M., Queiroz, C., “*Unity 4.x Cookbook*”. Birmingham UK: Packt Publishing Ltd., 2013.
- [6] Qualcomm, “*Vuforia Developer*”, 9 de Diciembre de 2013; <https://developer.vuforia.com/>
- [7] Abramowitz, M. And Stegun, I. A. (Eds.), “*Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*”, 9th ed. New York: Dover, p. 78, 1972.
- [8] Simonetti, A. Paredes, J. (2013). “*Vuforia v1.5 SDK: Analysis and evaluation of capabilities*”, <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/17769/4/memoria.pdf>

Ing. Oswaldo Díaz  
DIRECTOR

Ing. Diego Marcillo P.  
CODIRECTOR