

EnCuadro 2.0

Universidad de la República

UTU - CETP

Paysandú, 27 de Mayo de 2013

Integrantes:

Mauricio Martinez

María Clara Fleitas

Martín Arévalo

Virginia Saldaña

1. Resumen ejecutivo.

1.1. Español.

Los seres humanos se han vuelto cada vez más dependientes de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, desde el momento en que se comenzaron a utilizar como recurso para el acceso a información de uso personal.

En la actualidad, se ha comenzado a usarlas para enriquecer la visión de un entorno físico del mundo real. Es así que elementos del ambiente y otros virtuales generados por computadora, se combinan para la creación de una realidad mixta en tiempo real. A esto se le llama Realidad Aumentada (en adelante RA).

El proyecto *EnCuadro*¹ fue realizado por estudiantes de Ingeniería en el año 2012. Estuvo enfocado en el desarrollo de una aplicación móvil con RA para las obras de arte que se alojan en museos, contando con un sistema de navegación. El foco de este proyecto fue la investigación de algoritmos de visión por computadora reflejados en una aplicación de RA que incorporaba *modelos 3D*², animaciones y videos. El desarrollo e implementación informática estaban fuera del alcance del mismo y por lo tanto se implementó un sistema muy básico que no es adecuado para los requerimientos de una aplicación real en un museo.

Es así que se decide comenzar un proyecto que implique el re-diseño y reutilización de componentes del proyecto encuadro. Se crea un sistema para museos en el que se pueda manipular información sobre obras y/o salas. Estos datos pueden ser utilizados por la aplicación desarrollada por Encuadro, incorporando los cambios necesarios en el código y la estructura de la aplicación.

Se espera que el presente trabajo se convierta en material de consulta y sea una contribución para el desarrollo de futuras aplicaciones que implementen RA, dado que se ha podido observar que los *entornos multisensoriales*^{*} con realidad aumentada y sistemas de navegación están siendo hoy en día utilizados en variados ámbitos.

1. Ver referencia 2 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

2. Ver en el capítulo 2.5, del documento “Estado del Arte”.

* A lo largo del documento se verá este símbolo en varias palabras, el cual significa que la palabra o la frase con el símbolo está definida en el capítulo 3 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

1.2. Inglés.

Human beings have become more dependent on Information Technologies, since the first time they started using them as a resource to have access to personal information.

From that moment onwards, Information Technologies have been used to enrich and complement the vision of the physical environment. Therefore, both, the elements of the environment and those generated by the computer, are combined to create a mixed reality in real time. This is called Augmented Reality (from now on AR).

*EnCuadro's*³ project was developed by students of Engineering during 2012. It was focused on the development of a mobile application with AR for the artworks displayed at museums, including a navigation system. The project's focal point was the investigation of computer visualized algorithms reflected in an AR application that incorporated *3D models*⁴, animations and videos. The informatic' development and implementation was beyond the capacity of it, so a very basic system was implemented, which is not adequate for the requirements of a real application in a museum.

Consequently, the decision of starting a project that implies the re-design and re-utilization of some components of *EnCuadro's* project was taken. By this it is meant that a system for a museum in which information about artworks and artwork rooms' can be manipulated, was created. This data may be used by the mobile application previously developed by *EnCuadro*, when the necessary changes were incorporated in the code and the application's structure.

Since it has been noticed that *multisensorial environments*^{*} with AR and navigation system are today used in varied scopes; it is hoped that the present project can be considered as a reference and a contribution to the development of future applications that implement AR.

3. See reference 2 from chapter 1 of the document "Glosario, apéndice y bibliografía".

4. See chapter 2.5 of the document "Estado del arte".

* Through this document, this symbol will be seen in varied words, which means that the word or phrase with the symbol is defined in chapter 3 of the document "Glosario, apéndice y bibliografía".

EnCuadro 2.0

INFORME

Universidad de la República

UTU - CETP

Paysandú, 27 de Mayo de 2013

Tutor:

Juan Cardelino

Integrantes:

Mauricio Martinez

María Clara Fleitas

Martín Arévalo

Virginia Saldaña

1. Resumen ejecutivo.....	2
1.1. Español.....	2
1.2. Inglés.....	3
2. Introducción.....	7
2.1. Sobre el documento.....	7
2.2. Introducción al problema	7
2.3. Motivación	9
2.4. Definición del problema.....	10
2.5. Objetivos	11
3. Métodos de solución	12
4. Requerimientos.....	14
4.1. Requerimientos de infraestructura informática	15
4.1.1. Java.....	15
4.1.2. Netbeans.....	16
4.1.3. Objective -C y Xcode.....	17
4.1.4. SOAP (Simple Object Access Protocol)	18
4.1.5. FTP (File Transfer Protocol).....	19
4.2. Requerimientos funcionales	20
4.2.1. Crear nuevo usuario	20
4.2.2. Crear nueva sala	20
4.2.3. Crear nueva obra	21
4.2.4. Crear nueva zona de interés.....	21
5. Solución al problema.....	22
5.1. Introducción	22
5.2. Modelo de dominio	23
5.3. Casos de uso.....	24
5.3.1. Casos de uso críticos	24
5.3.2. Casos de uso no críticos	24
5.3.3. Descripción de casos de uso críticos	25
5.3.4. Diagramas de secuencia del sistema	26
5.4. Diseño de la solución	30
5.5. Solución informática	32
5.5.1. Introducción	32
5.5.2. Herramientas	32
6. Organización del proyecto.....	36
6.1. Metodología	36
6.2. Cronograma.....	37
6.3. Herramientas	38
6.3.1. Control de versiones.....	38
6.3.2. Herramientas colaborativas	38
7. Resultados obtenidos.....	39
7.1. Conclusiones	40
7.2. Trabajo a futuro.....	41

2. Introducción.

2.1. Sobre el documento.

Este trabajo se desarrolla en el marco de proyecto de fin de carrera del Tecnólogo en Informática, perteneciente a la Facultad de Ingeniería en convenio con la *Universidad del Trabajo del Uruguay*⁵ (UTU). En el mismo, se propone continuar con el Proyecto EnCuadro desarrollado por estudiantes en la carrera Ingeniería Eléctrica de la *Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República*⁶ durante el año 2012. En su desarrollo, se podrá apreciar una propuesta que integra diversas tecnologías, como aplicaciones de escritorio, plataformas móviles y *servidores*^{*}.

2.2. Introducción al problema.

Hoy en día, las tecnologías de la información se encuentran en constante crecimiento, por lo que la sociedad se encuentra en una continua variación del entorno tecnológico, lo cual posibilita cambios en casi todos los ámbitos de la actividad humana. La rápida difusión y el gran interés de estas ha permitido la creación de nuevas aplicaciones donde la interacción hombre-máquina, no solo se limita a grabaciones de voz, consultas en internet o videos en pantallas, sino también con elementos de interacción individual implementados en aplicaciones para dispositivos móviles, que sustituyen y/o complementan estos otros espacios interactivos más básicos mencionados.

Se cree que esta temática es de gran interés e importancia debido a que en los últimos tiempos ha aumentado considerablemente el acceso y la disponibilidad de plataformas móviles tales como smartphones y tablets, que cuentan con métodos de adquisición de audio, video y una variedad de sensores lo cual los transforma en sistemas ideales para el desarrollo de aplicaciones de procesamiento multimedia e interacción entre el mundo virtual y la vida real.

Teniendo en cuenta este escenario, el proyecto EnCuadro, llevado a cabo por un grupo de estudiantes de Ingeniería Eléctrica como proyecto de fin de carrera, presenta una aplicación de *realidad aumentada*^{*} (RA) con sistema de navegación, sobre ciertos dispositivos en particular, volviendo visible la relación que transita entre el mundo real y el mundo digital. Este proyecto, cuenta con tres desarrollos principales: navegación, identificación de objetos y realidad aumentada; con los

5. Ver referencia 3 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

6. Ver referencia 4 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

cuales se pretendió obtener una óptima explotación de ciertos espacios públicos, instaurando desde estos una interacción informativa y/o educativa sobre el lugar.

EnCuadro implementa un recorrido interactivo con realidad aumentada para un museo en una aplicación móvil, enfocado desde un punto de vista algorítmico, donde se estudian algoritmos de realidad aumentada. Al culminar el proyecto se cuenta con una aplicación que será adaptada a las obras de la planta baja del *Museo Nacional de Artes Visuales*⁷ (MNAV) y que consta de: *detección QR*⁸; navegación por listas de cuadros; comunicación con un servidor; *detección SIFT*^{*} para identificar imágenes; y diferentes realidades aumentadas según la obra. Vale destacar entonces una reflexión del proyecto, que tomamos como nexo al nuestro:

*“Un trabajo a futuro importante es, en primer lugar, implementar de manera prolija tanto la interacción entre la aplicación y el servidor, como la forma de almacenar los datos en este. En segundo lugar, realizar la aplicación de usuario que sirva para agregar o quitar información de la base de datos y finalmente, independizar completamente a la aplicación de los cuadros almacenados en la base de datos.”*⁹

7. Ver referencia 5 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

8. Ver en el capítulo 2.4, del documento “Estado del Arte”.

9. Ver referencia 6 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

2.3. Motivación.

Asociar distintas tecnologías (dispositivos móviles, servidores, etc.) como nuevo aprendizaje en un área poco conocida en el medio local, así como el intercambio con los estudiantes de Ingeniería Eléctrica son experiencias que nos permiten adquirir diferentes conocimientos, altamente valorados para el desarrollo profesional.

Es de destacar, la libertad de elección de las herramientas de trabajo lo que luego de un tiempo de ideas y discusión se llegó a un acuerdo logrando un mayor entusiasmo e involucramiento con la idea. Algunas de estas herramientas despertaron mucho interés puesto que no eran de nuestro conocimiento.

Por otra parte, es motivadora la idea de que esta propuesta pueda ser de interés para los museos de nuestro país, así como también la posibilidad de extender el proyecto a una práctica educativa para los niños y niñas, como por ejemplo en el *Plan Ceibal*¹⁰.

Y por último, es de interés que este proyecto no solo sea funcional para un museo sino que podría ser volcado también a otros tipos de proyectos basándose en la interpretación de imágenes, como por ejemplo, aplicaciones de realidad aumentada para marketing.

10. Ver referencia 7 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

2.4. Definición del problema.

El propósito de un museo es despertar interés en sus visitantes por conocer y que al culminar la visita sus conocimientos sean mucho más amplios que antes de llegar a él. Por lo general, estos conocimientos se adquieren en cuanto a explicaciones provistas por guías y/o información descriptiva, pero recientemente algunos museos han recurrido a otros métodos, más modernos, atrayentes y económicos como lo son los *museos virtuales*¹¹ y los *museos interactivos (in situ)*¹².

Un museo interactivo, es un recurso que posibilita a una mejor adquisición de contenidos conceptuales, ya que lo que hace se retiene más y mejor que lo que simplemente se ve y/o escucha. Esto se debe a que proveen espacios interesantes para la comunicación y el aprendizaje informal, con un rico y apreciado entorno multisensorial que cambia por completo la percepción de seriedad que en general se tiene sobre ciencia y tecnología.

Si bien EnCuadro desarrolla una aplicación en donde con una cámara de un dispositivo móvil se puede interactuar con las obras y se obtiene como resultado distintos tipos de realidad aumentada con archivos multimedia, es una realidad que el desarrollo informático implementado en ese proyecto es muy escaso para el funcionamiento en una realidad diaria de un museo, ya que EnCuadro principalmente realizó hincapié en investigar, desarrollar y probar la realidad aumentada, dejando más de lado la implementación de un sistema funcional y de buen manejo informático. Para que EnCuadro pueda funcionar en el museo, es necesario contar con ciertas herramientas como una base de datos, un servidor que aloje esta base de datos y que se comuniquen con la aplicación, lo cual significa un avanzado aporte por parte de conocedores de tecnologías de información, y que puede clasificarse como no apto para un proyecto de ingeniería eléctrica.

11. “Conocido también como museo digital o museo on-line, en donde la muestra física ahora es transportable, itinerante e imaginaria, es un entorno digital de acceso a través de internet que tiene la principal característica de la interactividad. Ejemplos: Museo del Prado, Louvre y Guggenheim, por mencionar solo algunos.” Extraído de la referencia 9 indicada en el capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

12. “Es el uso de las herramientas tecnológicas para crear un diálogo con el visitante a través de pantallas interactivas, juegos de video, audiovisuales, herramientas táctiles y/o sonoras.” Extraído de la referencia 9 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

2.5. Objetivos.

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se plantean los siguientes objetivos:

- Implementar un sistema, en el cual se pueda manipular datos e información multimedia para museos, y que a la vez esta pueda ser utilizada por la aplicación desarrollada por EnCuadro, aplicando los cambios necesarios en el código y la estructura de la aplicación.
- Lograr que exista una óptima respuesta de interacción entre lo algorítmico y lo informático.
- Tener absoluta comprensión de la aplicación en la plataforma móvil, de las aplicaciones a desarrollar y de los sistemas operativos utilizados así como también de las plataformas de desarrollo, para lograr un sistema escalable y cuyas partes se encuentren totalmente integradas.
- Evaluar todas las posibles tecnologías a utilizar en cuanto a *lenguaje*^{*}, *librerías*^{*}, *web service*^{*} y escoger las más adecuadas para desarrollar un producto que cumpla con los requerimientos deseados.
- Desarrollar y usar las habilidades comunicativas del equipo para optimizar el contacto con los demás grupos de trabajo y así lograr un efecto positivo sobre los trabajos a implementar.

Objetivos como grupo de trabajo:

- Trabajar dentro de este desde diferentes roles y respetando las posibles distintas opiniones e ideas de cada integrante.
- Entender la metodología con la cual venía trabajando el equipo de Ing. Eléctrica, ya que cada equipo de cualquier ámbito tiene un punto de vista distinto y diferentes modos para distintas ejecuciones, y así continuar con el proceso de desarrollo.

3. Métodos de solución.

El análisis de la solución involucra el trabajo en tres puntos fundamentales: analizar los requerimientos, hacer los casos de uso y por último la investigación sobre tecnologías a utilizar.

El primer punto en el cual trabajar, es analizar las exigencias principales del sistema a implementar y su solución, de forma que los módulos desarrollados cumplan con las funcionalidades deseadas y se desempeñen como sistema. Esto surge de la primera reunión realizada con el ingeniero Juan Cardelino, donde se plantean tres módulos fundamentales a desarrollar y uno ya existente a mejorar (aplicación desarrollada por EnCuadro) como se muestra en la Figura 1.

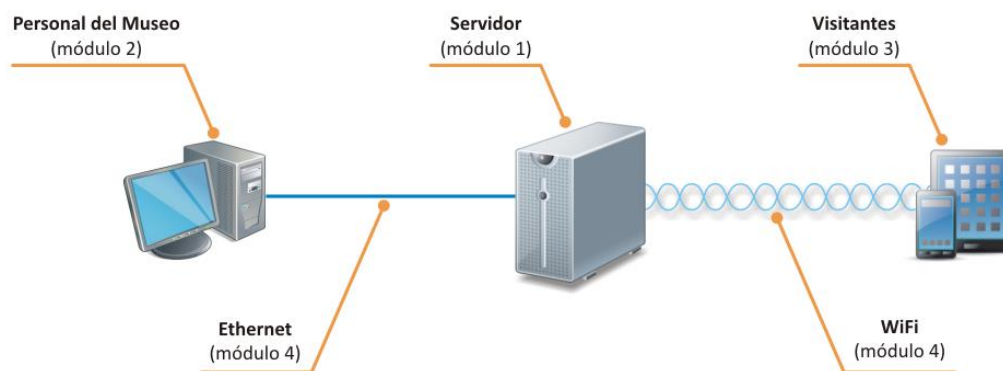


Figura 1: Estructura del sistema a implementar. Se compone por el servidor (módulo 1), donde se aloja toda la información. Las PCs, donde el personal del museo se encarga de proporcionar la información necesaria al servidor a través de una aplicación de escritorio (módulo 2), y donde la comunicación (módulo 4) es Ethernet (cableada) para aprovechar mejor la velocidad de transferencia de datos. Y por último, la aplicación móvil (módulo 3) la cual funcionará siempre y cuando se encuentre en la red del museo, a través de Wi-Fi (inalámbrica) para tener libertad de traslación por el museo sin ningún inconveniente.

El primer módulo conlleva la implementación de un servidor, que contenga una base de datos para almacenar datos y que con distintos métodos, responda a las solicitudes realizadas por los demás módulos. Este módulo sería desarrollado como un proyecto sólo, por otro equipo de trabajo.

Por otra parte, el segundo módulo implicaría el desarrollo de una aplicación de escritorio, que sería utilizada por trabajadores del museo y deberá contar con una interfaz gráfica de usuario, amigable e intuitiva, para un fácil y rápido aprendizaje del mismo. Este software administrará datos a utilizar en la aplicación móvil, y

además de manipular datos y datos multimedia, contará con usuarios habilitados para su uso.

El tercer módulo, el de la aplicación móvil, se enfocaría en el software desarrollado por el proyecto EnCuadro, donde se aportará para que este cuente con todas las funcionalidades para su correcta e incesante actividad y sea flexible y extensible a otras realidades, como puede ser una visita interactiva a un shopping, o un recorrido turístico por una ciudad.

Y por último y de gran importancia, el módulo de comunicación; desarrollado en conjunto con la aplicación móvil y de escritorio, donde se investigará la mejor manera de comunicar el servidor con cada una de ellas independientemente. Ésta investigación debe contemplar los distintos requisitos del sistema, como lo es el manejo de archivos multimedia y la manipulación de tiempos de espera.

El segundo punto a trabajar es el análisis de la realidad planteada, de la cual se desprenden los diferentes *casos de uso*^{*} a implementar en el sistema; se fijaron contratos para tener menos errores en el código gracias a una mejor representación de las especificaciones.

El tercer punto es la investigación sobre las posibles tecnologías a utilizar en el software, divisando los requerimientos planteados para el proyecto, como por ejemplo que en su preferencia sean *open source*^{*} y en caso que no sea posible, resolverlo evaluando la mejor solución disponible.

4. Requerimientos.

Al tener una primera reunión, se sugirió que el proyecto de fin de carrera del Tecnólogo en Informática para la generación 2010, conste en:

- Mejorar la usabilidad de la interfaz de usuario en el dispositivo móvil (iOS).
- Integrar el mismo con redes sociales.
- Diseñar el servidor.
- Diseñar una base de datos.
- Estudiar posibles soluciones para extender la base de datos para que pueda almacenar datos multimedia (audio, video, texto).
- Mejorar performance para funcionamiento en tiempo real.
- Implementar un web service *SOAP*^{*} o *JSON*^{*} para el intercambio con la aplicación móvil y para comunicarse con la base de datos.
- Evaluar performance *LAN*^{*} versus *WAN*^{*}.
- Estudiar migración a dispositivos Android (Ceibalitas).
- Interfaz de usuario administrativa en PC de escritorio o web, que permita:
 - Ingresar multimedia, incluyendo modelos 3D, video, audio, texto.
 - Implementar un sistema de *waypoints*^{*}, a dibujar sobre el cuadro y a ser almacenados en la base de datos.
- Asociar eventos a los diferentes marcadores que desplieguen contenido.

En síntesis, se debe realizar un proyecto que cumpla con todo lo precedentemente indicado. Se optó por separar en dos grupos a los diez integrantes habilitados para realizar el proyecto de fin de carrera, formándose dos grupos. A cada equipo se le asignó una parte del proyecto, implicando la de este equipo el desarrollo de la aplicación de escritorio, la mejora de la aplicación móvil y la comunicación independiente de ambas con el servidor.

Al plantearse los requerimientos básicos para el software a desarrollar, en cuanto al desarrollo de la aplicación de escritorio para los empleados del museo, se pide que permita la administración de usuarios, salas, obras y zonas de interés (*waypoints*) y la información asociada a cada una de ellas, teniendo que comunicarse con el servidor para el almacenamiento de estos datos. Luego se procederá a realizar modificaciones en la aplicación móvil, efectuando los cambios para que la interacción con el servidor sea la más apropiada, y pueda trabajar con los datos previamente almacenados en el servidor desde la aplicación de escritorio. El hecho de que el otro grupo sea el encargado del servidor implica estar en continuo contacto

con el mismo, ya que ambas partes están íntimamente relacionadas y son estrechamente dependientes.

4.1. Requerimientos de infraestructura informática.

En primer lugar se requieren herramientas para la creación de diagramas de análisis utilizando la *notación UML*^{*}, además de la realización de documentos de texto. Para ello se utilizarán las siguientes herramientas:

- *OpenOffice*^{*}.
- *ArgoUML*^{*}.

4.1.1. Java.

El *lenguaje de programación*^{*} que se decidió utilizar para el desarrollo de la aplicación de escritorio es *Java*¹³.

Java incorpora facilidades para la creación de entornos “basados en ventanas”, incluye un cliente completo de servicios web y soporta las últimas especificaciones para estos, lo que sumado a ciertas características del lenguaje, lo hacen ideal para el desarrollo de una aplicación con las cualidades que se necesitan para este proyecto.

Los programas desarrollados en este lenguaje son *multiplataforma*^{*}, permitiendo su ejecución en diversos *sistemas operativos*^{*} como *Windows*^{*}, *MacOS*^{*}, *Linux*^{*} y *Solaris*^{*}. Otro motivo que incentivó a emplear este lenguaje y no otro, fue su previa utilización en cursos de la carrera, que sumado a su fácil dominio, hicieron una aplicación fácil de desarrollar.

Si bien su sintaxis es muy parecida a la de *C++*^{*} que tiene una programación genérica, estructurada y orientada a objetos, en Java se eliminan muchas de las características de C++, diferenciándose mayormente en que Java fue construido desde un principio para ser completamente *orientado a objetos*^{*}. Todo en Java es un objeto (salvo algunas excepciones), y todo en Java reside en alguna *clase*^{*}. Se reducen las especificaciones del lenguaje y se añaden otras características como el reciclador de memoria dinámica, que es muy útil ya que se encarga de liberar grandes bloques de memoria y la reducción de la fragmentación de la misma.

13. Toda la información sobre Java fue extraída de la referencia 10 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

Ventajas:

- Multiplataforma.
- Open Source y gratuito.
- Gestión de memoria.
- Sintaxis relativamente simple.
- Interoperabilidad multilenguaje, soportando aplicaciones con componentes desarrollados en otros lenguajes de programación.

Desventajas:

- Requiere una Máquina Virtual (JVM) para ejecutar las aplicaciones.

Su desventaja no proporciona incidentes para la aplicación en cuestión a desarrollar.

4.1.2. Netbeans.

Para desarrollar la aplicación de escritorio bajo el paradigma de orientación a objetos que se realizará en la plataforma Java 1.6 se consideró como adecuado a utilizar el *entorno de desarrollo*^{*}: *NetBeans 7.2.1*¹⁴.

Netbeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java. Permite que las aplicaciones sean desarrolladas a partir de un conjunto de componentes de software llamados módulos y también es un entorno gratuito y sin restricciones de uso que integra herramientas para el desarrollo de servidores web y clientes web, aportando de esta manera lo necesario para la aplicación a desarrollar.

A continuación, se listan los *plugins*^{*} para Netbeans que hacen que este entorno de desarrollo sea el más apropiado para este proyecto:

- Soporte para *Apache Tomcat*^{*}.
- Soporte para control de versiones (*Subversion*^{*}).

14. Toda la información sobre Netbeans fue extraída de la referencia 11 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

4.1.3. Objective -C y Xcode.

Para continuar con el desarrollo de la aplicación móvil, que fue comenzada por el proyecto EnCuadro, se utiliza el lenguaje Objective-C en el entorno de desarrollo *Xcode*^{*}. A continuación se expone una breve descripción de ambos, y luego una comparación de Objective-C con Java.

*Objective-C*¹⁵ es el lenguaje primario para la programación para OS X e iOS. Consiste en un pequeño número de incrementos a *C*^{*} y es orientado a objetos. Hereda la sintaxis de C y le agrega otra para la definición de clases y métodos, también le agrega soporte de lenguaje para la manipulación de objetos. Debido a que es una extensión del lenguaje C, y al contener código y librerías de C, incluso aquellas que están basadas en *C++*^{*}, puede trabajar con aplicaciones basadas en *Cocoa*^{*}, sin perder nada del desarrollo original.

*Xcode*¹⁶ es el entorno de desarrollo diseñado para el desarrollo de iOS y aplicaciones para Mac. Incluye editores usados para diseñar e implementar la aplicación a desarrollar, así como el editor de código y el editor de interfaz de usuario y también soporta el control de versiones. Al codificar, Xcode es capaz de corregir errores de sintaxis y de lógica y también mostrar posibles soluciones a dichos errores.

Este lenguaje y su entorno de desarrollo no fueron una elección, si no que al continuar con el desarrollo de la aplicación móvil no se pudo considerar otros que los utilizados previamente. Otro motivo para utilizar este lenguaje y este entorno de desarrollo es que en un principio la aplicación móvil completa, es decir con los casos de uso que incluyen realidad aumentada llevados a cabo por el proyecto EnCuadro, está creada para dispositivos móviles con iOS. Sin embargo el equipo encargado del servidor realizó investigaciones para una posible exportación a Android en el futuro.

Al haber experimentado con dos lenguajes tan distintos como lo son Java y Objective-C, principalmente por la falta de libertad ante el sistema operativo de uno de ellos, es inevitable comparar. Objective-C es un lenguaje destinado solamente para iOS y aplicaciones para Mac, mientras que Java además de ser un lenguaje para aplicaciones que pueden funcionar en variadas plataformas, permite también (con el uso de ciertos plugins) desarrollar para iOS. Sin embargo, contemplándolo de otro punto de vista, se puede decir que es de las mejores cualidades que Objective-C proporciona, ya que el paquete de desarrollo sobre el cual se programa está montado

15. Toda la información sobre Objective-C proporcionada fue extraída de la referencia 12 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

16. Toda la información sobre Xcode fue extraída de la referencia 13 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

para que sea prácticamente imposible equivocarnos. Si bien ambos lenguajes ramificaron en distintas direcciones, su raíz es una sola, por lo que para los conocedores de C, C++ y programación orientada a objetos, una vez que se comprenda el entorno su aprendizaje se vuelve continuo, autodidacta y sencillo.

4.1.4. SOAP (Simple Object Access Protocol).

*SOAP*¹⁷ es un formato de mensajes para comunicar aplicaciones, por lo que ligado al servidor a utilizar, se optó por emplear este *protocolo*^{*} para la comunicación con el servidor en ambas aplicaciones, la aplicación de escritorio y la aplicación móvil. Lo que este protocolo hace, es definir un mecanismo simple y liviano para la comunicación (intercambio de información), en un *entorno distribuido*^{*} o *descentralizado*^{*}, entre componentes de software o aplicaciones. Esta comunicación se realiza mediante mensajes codificados en *XML*^{*} y transportados por un protocolo de transporte.

Para la aplicación de escritorio, no es complicado establecer una conexión con el servidor por medio de este protocolo, siendo que el propio entorno de desarrollo provee las herramientas para los llamados de funciones y métodos ocultando el mensaje codificado. Sin embargo, para la aplicación móvil no existe una herramienta de este tipo, por lo que para llamar funciones se requiere codificar el mensaje SOAP. A modo de ejemplo para quien le interese, se presentan ejemplos de código fuente en el capítulo 2.5.1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía” para una mejor visualización de diferencias de llamados entre Objective-C y Java.

Una vez más, es notable la diferencia entre dos lenguajes y entornos de desarrollo, para la obtención de datos de un servidor, destacándose Java y NetBeans en este caso por contar con las bibliotecas que solucionan una petición SOAP en poca cantidad de líneas de código.

17. Toda la información sobre SOAP fue extraída de la referencia 14 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

4.1.5. FTP (File Transfer Protocol).

Para la transferencia de archivos alojados en el servidor a cualquiera de las aplicaciones, tanto la móvil como la de escritorio, se resolvió por utilizar *FTP*¹⁸ (Protocolo de Transferencia de Archivos), que es una herramienta que permite, a través de una red, copiar ficheros de un ordenador a otro sin importar la localización de estos ni su sistema operativo. Con este protocolo, basta con una aplicación (*cliente FTP*^{*}) que se pueda conectar al servidor (*servidor FTP*^{*}) para descargar archivos desde él o enviarle archivos.

Para implementar este protocolo en la aplicación de escritorio, se creó una clase con dos métodos, uno que se encarga de la descarga de material y otro de la subida. Por otra parte en la aplicación móvil por motivos del funcionamiento del lenguaje Objective-C fue necesario crear dos clases para su manejo, una para la descarga de archivos y otra para la subida. Se muestran en el capítulo 2.5.2 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía” fragmentos del código de la clase de la aplicación de escritorio, y luego fragmentos del código de las dos clases de la aplicación móvil.

18. Toda la información sobre FTP fue extraída de la referencia 15 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

4.2. Requerimientos funcionales.

El sistema debe de cumplir los siguientes requerimientos permitiendo que los usuarios alcancen una correcta usabilidad.

La aplicación móvil a mejorar debe seguir brindando los casos de uso que brindaba cuando el proyecto EnCuadro culminó, pero la información que se muestra en estos casos de uso ahora, será obtenida por peticiones al servidor, que la administra en una base de datos. Esta comunicación, se manejará con peticiones al servidor y debe implementarse un sistema para la transferencia de archivos ya que no se hará uso de archivos locales.

Por otra parte, la aplicación de escritorio a desarrollar deberá ofrecer una interfaz amigable, que permita crear, modificar, eliminar y listar usuarios dentro del sistema. También contará con altas, bajas y modificaciones (en adelante ABM) para salas, obras y zonas de interés. Cabe destacar que para la utilización de la aplicación existirán dos tipos de usuarios, los usuarios del tipo “administrador” que sólo podrán acceder al ABM de los usuarios, y los usuarios del tipo “empleado” que podrán acceder al resto de las ABM. Ambos usuarios, contarán con un nombre de usuario y una contraseña para poder acceder al sistema. Basándonos en que la aplicación será utilizada por personas que trabajan en el museo, que podrían apenas tener conocimiento básico sobre el manejo de computadoras, debe instaurarse un software amigable e intuitivo para que sea utilizado sin problemas y cuyas funcionalidades sean aprovechadas en todo su potencial.

4.2.1. Crear nuevo usuario.

Aquí, el usuario administrador podrá ingresar nuevos usuarios al sistema. Los datos necesarios para ingresar el nuevo usuario son: Nombre, Apellido, CI, Email, Tipo Usuario (Administrador o Empleado), Usuario y Contraseña.

4.2.2. Crear nueva sala.

Nos permite ingresar una nueva sala al sistema, mediante introducción de datos consecuentes a la sala a crear, tales como nombre, descripción y si lo desea, el contenido asociado (texto, video, audio, modelo 3D), una vez ingresada la sala se genera un *código QR*¹⁹ que cumple un rol importante en el sistema de navegación de la aplicación móvil.

19. Se desarrolla en el capítulo 2.4. del documento “Estado del arte”.

4.2.3. Crear nueva obra.

Nos permite ingresar obras al sistema. Para realizar esta funcionalidad, se listan todas las salas existentes y se selecciona la sala que contendrá la obra. Luego se ingresan los datos de la obra, como lo son un nombre, el autor, una descripción, su imagen, y luego se procederá a elegir el/los contenido/s con que contará (texto, modelo 3D, video, audio y/o animación). La obra creada debe contar con al menos uno de estos contenidos.

4.2.4. Crear nueva zona de interés.

Esta funcionalidad permite al usuario agregar una zona de interés en una obra existente. El sistema lista las salas existentes y al seleccionar una se listan las obras asociadas a dicha sala. El usuario selecciona una obra y se despliega la imagen de la obra para poder marcar una zona de interés. Luego de marcada la zona se puede elegir los contenidos que serán asociados a la zona, teniendo al menos un tipo de contenido asociado.

5. Solución al problema.

5.1. Introducción.

El enfoque inicial del problema fue reflejado en el modelo de dominio, representando gráficamente el entorno real. El modelo se modificó durante el transcurso del proyecto por lo que consecuentemente, la idea de la realidad a desarrollar se esclareció y encaminó.

Luego se procedió a fraccionar el problema en casos de uso, los *casos de uso críticos** y los *no críticos**. Estos casos se trabajaron para solucionarlos de la mejor manera posible, con inquietudes que se presentaron en el día a día y que se resolvieron mediante reuniones con el tutor, quién evacuó las dudas y planteó metas a corto plazo.

Más adelante, se comenzó a codificar, buscando la mejor solución para lograr una interfaz gráfica que sea intuitiva y amigable para el usuario final y por medio de las tecnologías previamente descriptas, se logró manejar ciertas bibliotecas, para que los requerimientos se resolvieran dentro de lo esperado por el equipo y el cliente.

Las tareas de análisis, documentación, investigación, comparación de herramientas y comprensión de la realidad planteada se realizaron a lo largo de todo el proyecto.

5.2. Modelo de dominio.

Si bien posteriormente se procuró no utilizar los objetos del modelo de dominio como clases de las aplicaciones, sí son objetos para la base de datos implementada en el servidor, y este modelo refleja la realidad del museo (Figura 2).

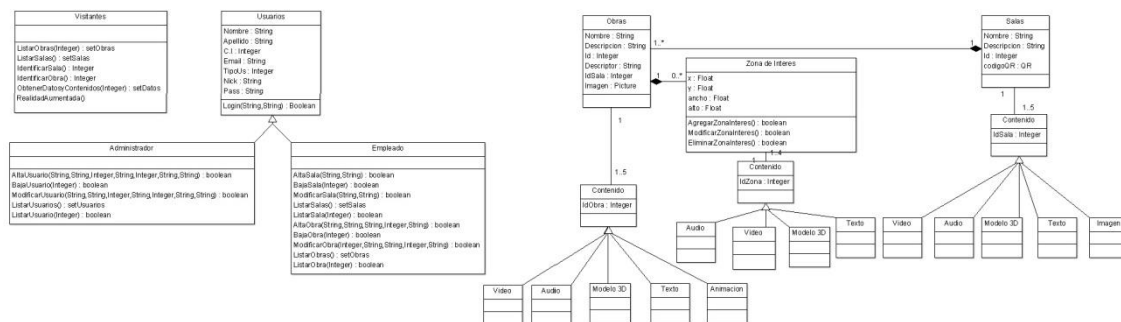


Figura 2

Un modelo de dominio, refleja los objetos más importantes en el contexto del sistema. Los objetos representan las “cosas” que existen en el entorno del sistema, por lo que modelarlo, ayuda a comprender y describe la realidad a desarrollar.

En este modelo de dominio, se definen las siguientes clases principales: Usuarios (del tipo administrador o personal), Visitantes, Salas, Contenidos salas (del tipo Video, Audio, Texto, Modelo 3D y/o Imagen), Obras, Contenidos obras (del tipo Video, Audio, Texto, Modelo 3D y/o Animación), Zonas de interés y Contenidos zonas de interés (del tipo Video, Audio, Texto y/o Modelo 3D).

Un Usuario, es quien utiliza la aplicación de escritorio. Puede ser del tipo administrador, a quien se le asignan las ABM de Usuarios, o del tipo personal, a quien se le asignan las ABM de Salas, Contenidos salas, Obras, Contenidos obras, Zonas de interés y Contenidos zonas de interés. El Visitante, es quien utiliza la aplicación móvil, por lo que tiene acceso a los casos de uso de esta. Las salas, representan las salas de un museo, que se identifican con un Id y el Contenido sala es un contenido de cualquiera de sus tipos asociado a una sala. Este Contenido de sala no existe sin la existencia de la sala y cada Sala puede tener asociados hasta cinco Contenidos de salas (uno de cada tipo). Las obras, son las obras que existen en una sala de un museo y que se identifican con un Id y su imagen, tienen al menos un Contenido obra y hasta cinco de estos (uno de cada tipo) asociados. Ningún Contenido obra prescinde sin una Obra. Las zonas de interés, son zonas específicas en una obra, por lo que están asociados a una de estas, y se identifican por sus coordenadas en la imagen de la obra (x e y) y sus longitudes (alto y ancho). Cada zona de interés tiene al menos un Contenido zona de interés asociado y hasta cuatro de estos (uno de cada tipo). Ningún Contenido zona de interés prescinde sin una Zona de interés.

5.3. Casos de uso.

5.3.1. *Casos de uso críticos*²⁰.

- Agregar usuario.
- Agregar sala.
- Agregar obra.
- Agregar zona de interés.

5.3.2. Casos de uso no críticos.

- Listar salas (móvil).
- Listar obras (móvil).
- Identificar sala.
- Identificar obra.
- Obtener datos y contenidos.
- Realidad aumentada.
- Iniciar sesión administrador.
- Eliminar usuario.
- Listar usuarios.
- Modificar usuario.
- Cerrar sesión administrador.
- Iniciar sesión empleado.
- Eliminar sala.
- Listar sala.
- Modificar sala.
- Eliminar obra.
- Listar obra.
- Modificar obra.
- Eliminar zona de interés.
- Modificar zona de interés.
- Cerrar sesión empleado.

20. Se calificó como caso de uso crítico bajo el criterio de que estos son aquellos casos de uso que sin ellos no tiene sentido que los demás casos de uso existan. Ejemplo: Si no existiera un caso de uso en donde se pueda crear un Usuario, no tiene sentido que se creen los casos de uso para eliminar y modificar Usuarios porque los Usuarios nunca van a existir. Esto no quiere decir, que para este proyecto los otros casos de uso sean menos importantes, simplemente se clasificaron con ese criterio.

5.3.3. Descripción de casos de uso críticos.

Todos los casos de uso descriptos a continuación se dan bajo la condición de que el usuario haya iniciado sesión como administrador o como empleado (según corresponda) previamente.

5.3.3.1. Agregar usuario.

Este caso de uso le permite a un usuario administrador ingresar nuevos usuarios al sistema. Los datos necesarios para ingresar el nuevo usuario son: Nombre, Apellido, CI, Email, Tipo de usuario (Administrador o Empleado), Usuario y Contraseña (estos dos últimos, será con los cuales iniciará sesión posteriormente en el sistema).

5.3.3.2. Agregar sala.

Este caso de uso le permite a un usuario empleado agregar una nueva sala al sistema, el usuario ingresa los datos de la sala a dar de alta (nombre de sala, descripción y el contenido que se desea) y el sistema registra la misma.

5.3.3.3. Agregar obra.

Este caso de uso le permite al usuario empleado crear una nueva obra en el sistema, mediante introducción de los datos correspondientes a la obra a crear, para esto se listan todas las salas existentes en el sistema y se selecciona la sala en la cual se desea crear la obra, luego se ingresa el nombre de la obra a crear, su autor, una descripción, la imagen de la obra y por lo menos un contenido (texto, animación, modelo 3D, audio y/o video).

5.3.3.4. Agregar zona de interés.

Este caso de uso le permite al usuario agregar una zona de interés en una obra existente. El sistema lista las salas existentes y al seleccionar una se listan las obras asociadas a dicha sala. El usuario selecciona una obra y se despliega la imagen de la obra para poder marcar una zona de interés. Luego de marcada la zona se puede elegir los contenidos a ingresarle, para que por lo menos tenga un tipo de contenido asociado a la zona ingresada.

5.3.4. Diagramas de secuencia del sistema.

A continuación se presentan los diagramas de secuencia del sistema críticos a modo de muestra, para ver todos los casos de uso dirigirse al capítulo 2.2 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”. También se encuentran en ese documento en el capítulo 2.3 los contratos sobre las funciones de dichos diagramas.

5.3.4.1. Agregar usuario.

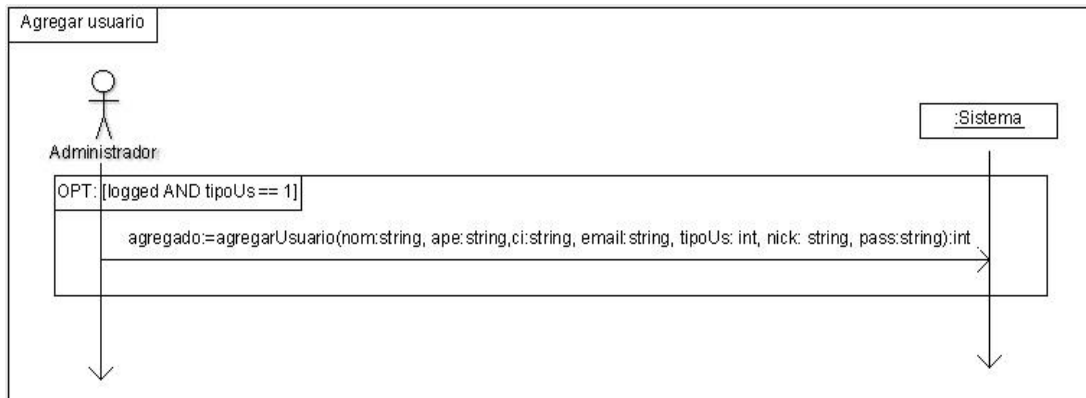


Figura 3: Si el usuario inició sesión y es del tipo administrador, podrá agregar un usuario con los datos correspondientes.

5.3.4.2. Agregar sala.

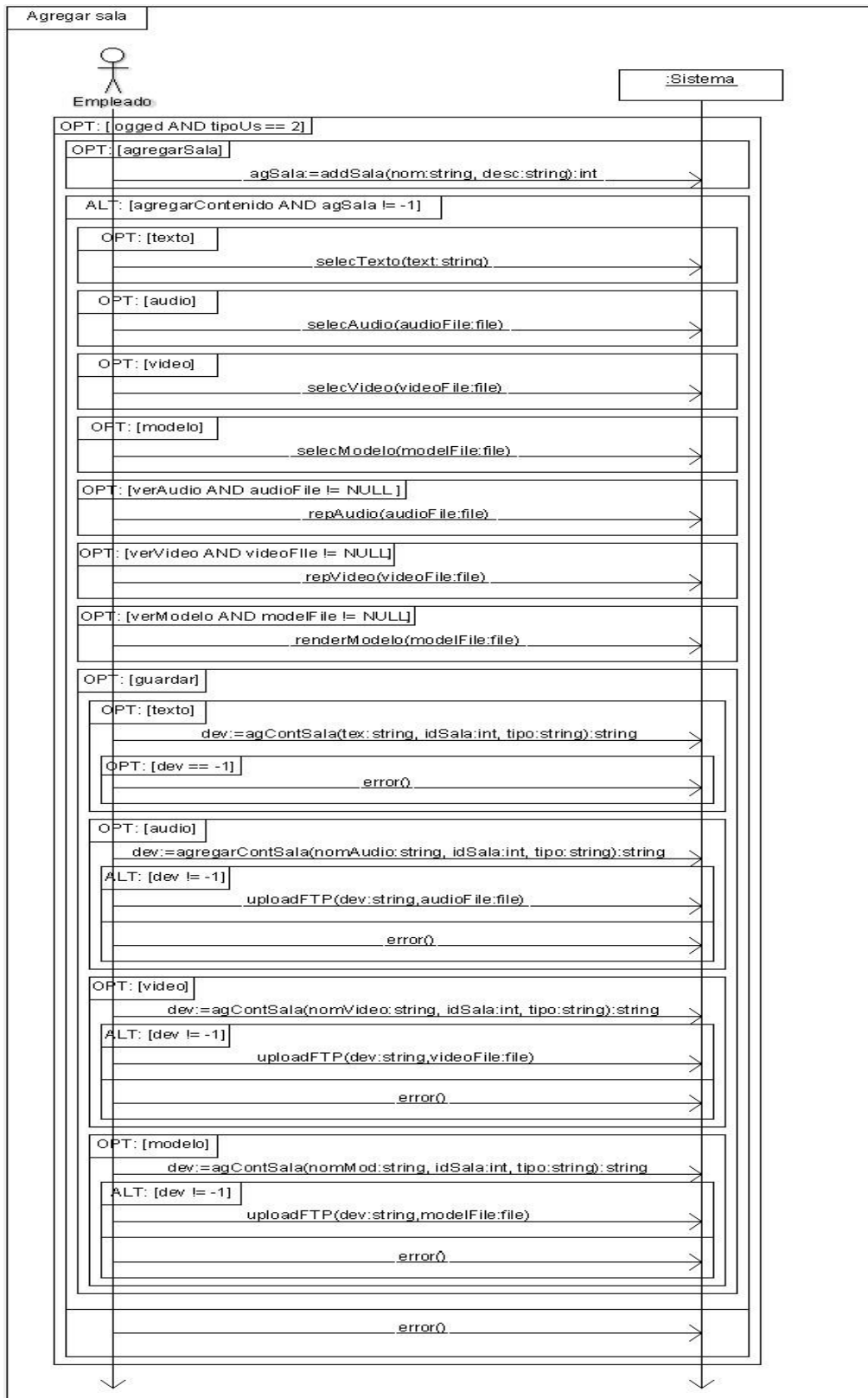


Figura 4: Si el usuario inició sesión y es del tipo de usuario dos, podrá agregar una nueva sala con sus respectivos contenidos.

5.3.4.3. Agregar obra.

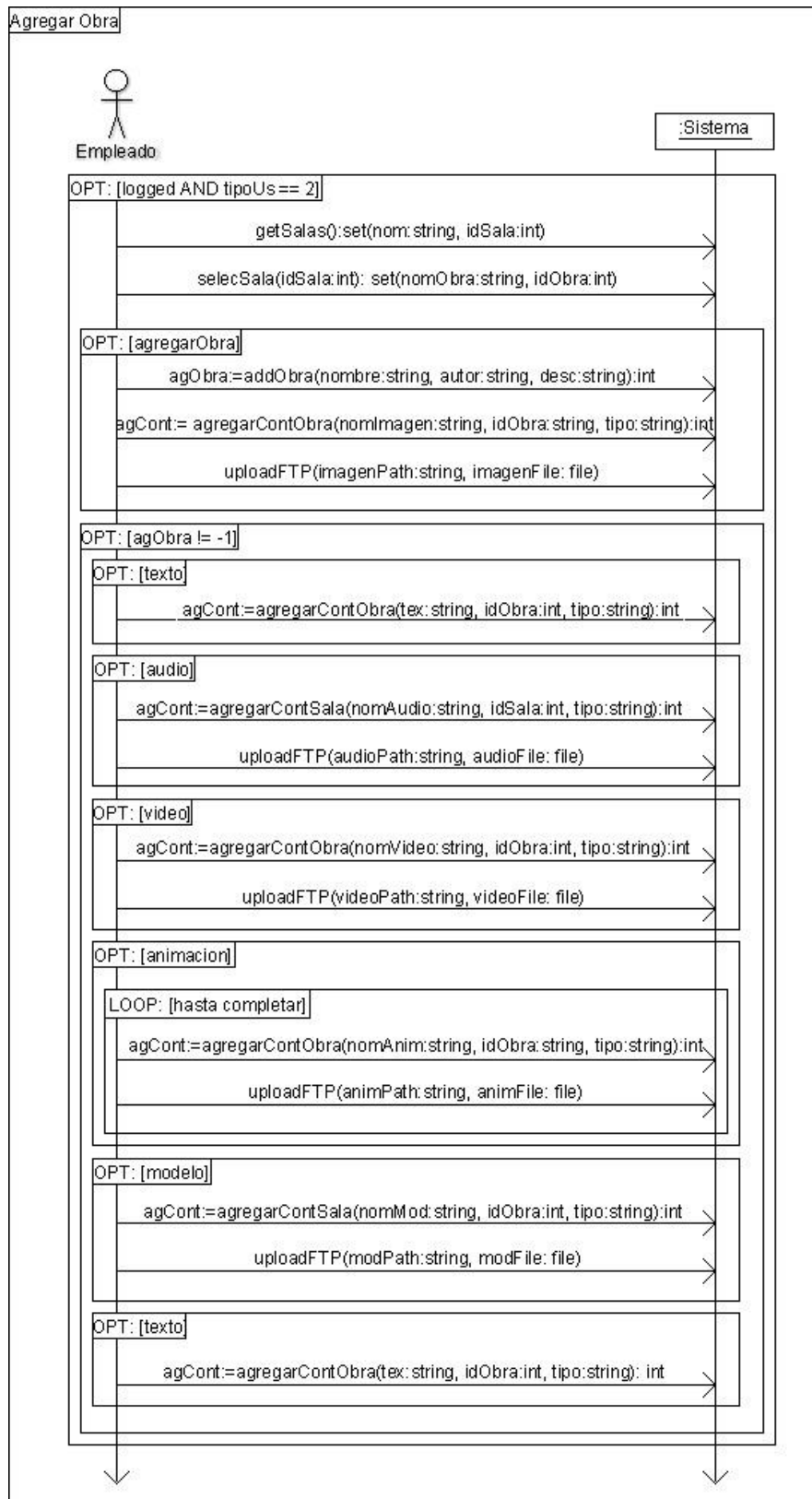


Figura 5: Si el usuario inició sesión y es del tipo de usuario dos, podrá agregar una obra perteneciente a una sala con sus respectivos contenidos.

5.3.4.4. Agregar zona de interés.

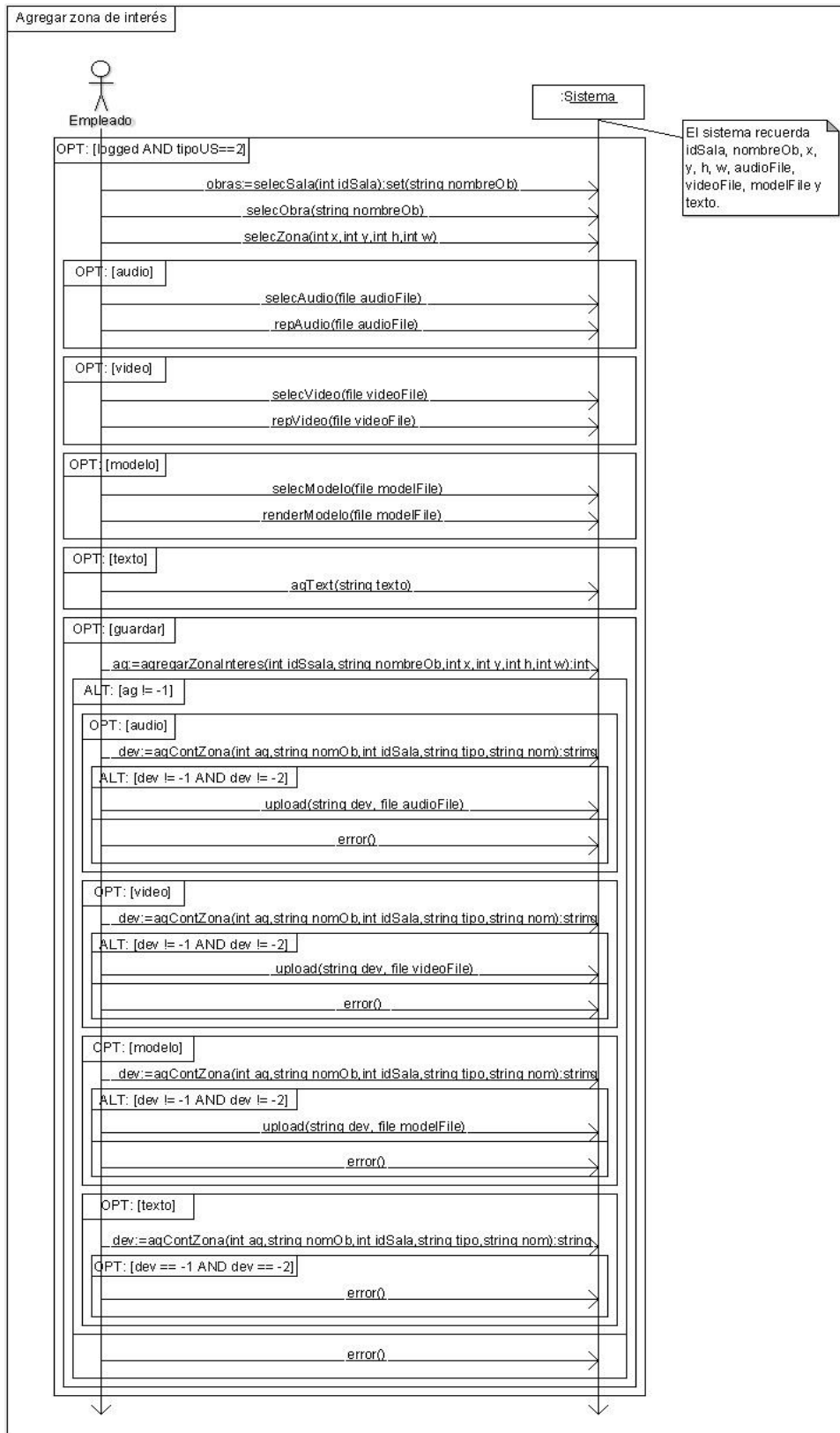


Figura 6: Si el usuario inició sesión y es del tipo de usuario dos, podrá agregar una zona de interés a una obra, también con la posibilidad de agregarle contenidos.

5.4. Diseño de la solución.

Para el diseño de la solución se decidió no utilizar la orientación a objetos ya que el sistema se basa, en su gran parte, en el consumo de web services a partir de eventos, lo que no amerita el uso del paradigma mencionado.

En la Figura 7, se presenta un esquema que diagrama el funcionamiento citado anteriormente. Puede notarse que desde la vista que se muestra al usuario se tomarán los eventos que éste origine (clic en un botón, pulsación de una tecla, etc.), desencadenando una llamada al método correspondiente a dicho evento. Posteriormente desde el método en cuestión se realizará el consumo del web service necesario.



Figura 7

A modo de ejemplo para explicar lo anteriormente descrito se presenta el caso de uso de Inicio de sesión de usuario en el sistema. En este caso el usuario podrá apreciar la vista que se muestra en la Figura 8. Si tomamos como evento el clic en el botón “Iniciar”, podemos decir que se realizará una invocación al método *BotOkActionPerformed* que realizará una validación de los datos ingresados por el usuario (Usuario y Contraseña), y en consecuencia, se consumirá el web service *login* que permitirá comprobar la existencia en el sistema del usuario especificado.



Figura 8

En la aplicación móvil sucede lo mismo, por ejemplo para obtener la lista de las salas existentes, se aprieta el botón “Manual” (Figura 9), cuyo evento invoca el método de comunicación con el servidor y este llama la función *getSalas*, obteniendo como resultado todas las salas del sistema (Figura 10).



Figura 9

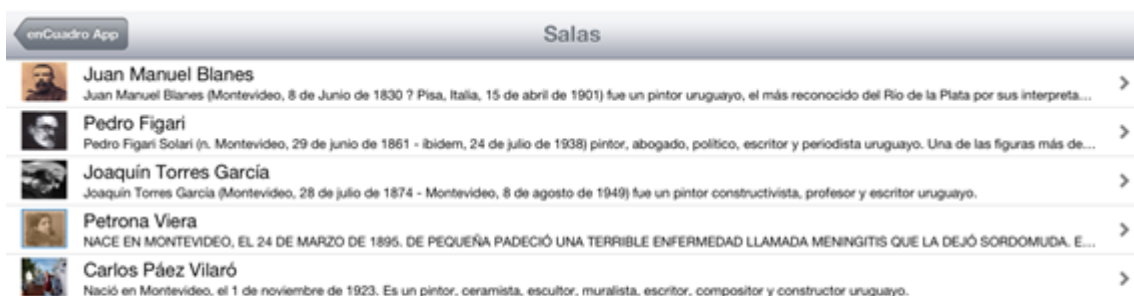


Figura 10

5.5. Solución informática.

5.5.1. Introducción.

A continuación se presenta la solución informática a la realidad planteada, argumentando las herramientas utilizadas y en la sección 2.4 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía” se muestran vistas de las aplicaciones resultantes para lograr una idea general sobre lo que hacen y cómo funcionan.

5.5.2. Herramientas.

En cuanto a la aplicación móvil, ya que el programa fue previamente implementado por otros desarrolladores, las herramientas utilizadas no variaron. Se utilizaron las mismas bibliotecas que se habían utilizado anteriormente, cuya referencia se puede encontrar en la documentación de ese proyecto, los cambios efectuados se realizaron en el código de la aplicación.

Estos cambios en el código se presentan como solución para una buena transferencia de datos con el servidor. Para esto, se implementó una clase, que es la encargada de establecer una comunicación con el servidor, mediante el protocolo SOAP. Al crear una instancia de esta clase, se ejecuta un pedido al servidor (el requerido), devolviendo un dato. Todos los casos de uso de la aplicación móvil que implican el uso de datos de salas y/u obras, ejecutaron previamente un llamado al servidor para obtener estos datos, variando la complejidad del llamado según el tipo de llamado, y los datos requeridos. También se implementaron las clases para la transferencia de archivos, utilizando el protocolo FTP, que al igual que el protocolo SOAP, fueron descriptos anteriormente en el documento.

Para la aplicación de escritorio, al haber optado por el lenguaje Java, seleccionado entre el gran matiz de lenguajes que existen hoy en día por el previo conocimiento del equipo en él y por su rapidez, seguridad y fiabilidad, nos aseguramos de poder utilizar distintas herramientas como lo son las librerías disponibles para Java. A continuación, se desarrolla una breve descripción de las librerías utilizadas para la realización de la aplicación de escritorio y más adelante la especificación de cada una de ellas.

Para una mejor interfaz gráfica que la comúnmente brindada por Java, se empleó la librería Synthetica Layout lo que permitió una interfaz de usuario más elegante. Para la creación de códigos QR se usó una librería llamada Barcode dándonos la posibilidad de crear un código QR único para el sistema de navegación de la aplicación móvil. En cuanto al manejo de datos multimedia, se optó por la librería QTJava brindado por el software *Quicktime*^{*} para la manipulación de videos,

JMF para el audio, y para la renderización de modelos 3D se utilizó VTK que es un kit de herramientas de software para la visualización de los mismos.

5.5.2.1. Synthetica Layout.

Para que la interfaz de usuario sea más agradable para quien vaya a utilizarla, se decidió utilizar la librería *Synthetica Layout*²¹ que ofrece diferentes vistas a través de temas para los componentes básicos de *Swing*^{*} con bordes redondeados, sombras, menús desplegados e íconos atractivos. Además permite modificar los temas existentes y crear su propia apariencia única.

5.5.2.2. Barcode.

Para la elección de una librería que gestionara los códigos QR, se tuvieron en cuenta la librería *Barcode*²² y *Zebra-Crossing*²³ (zxing). Esta última, permite la codificación y decodificación de códigos QR (entre otros) en Java, Android y C++, pero su gran desventaja es que existe muy poca documentación oficial por lo que se decidió utilizar la librería de Barcode, que cumple las mismas funciones pero sí cuenta con un sitio oficial y con la documentación adecuada.

Java Barcode es una librería que combina 30 líneas y tipos de simbología 2D en un solo archivo. Este codificador, crea líneas y matrices de alta calidad para aplicaciones de Java. Soporta varios entornos de desarrollo e incluye:

- Generador de códigos en proyectos Java para servidores.
- Crea códigos en aplicaciones cliente de Java.
- Imprime códigos en reportes Java.

21. Toda la información sobre Synthetica Layout fue extraída de la referencia 16 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

22. Toda la información sobre Java Barcode fue extraída de la referencia 17 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

23. Toda la información sobre Zebra-Crossing fue extraída de la referencia 18 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

5.5.2.3. VTK.

El kit de herramientas de visualización (*VTK*²⁴) es un sistema de software libre, libremente disponible que sirve para la realización de gráficos 3D por computadora, procesamiento de imagen y visualización. Consiste en una biblioteca de clases de C++ por lo que para ser utilizada en Java debe generarse una interfaz para Java, que en este caso para facilitar su compilación se utilizó *C-Make*^{*}.

VTK soporta una amplia variedad de algoritmos de visualización y tiene un amplio marco de visualización de la información. Es multiplataforma, pudiéndose ejecutar en plataformas Linux, Windows, Mac y Unix. También incluye soporte auxiliar para la interacción 3D. Al ser implementado como un conjunto de herramientas de C++, exige a los usuarios que creen aplicaciones combinando varios objetos en una aplicación.

Si bien VTK se empleó para la renderización de modelos 3D, para el producto final de esta aplicación no hubo alternativa que no utilizarlo en el ABM de las obras, ya que el tipo de modelo que el proyecto EnCuadro empleó para la realidad aumentada no era compatible con los soportados por la librería. Sin embargo, a forma de muestra sobre lo investigado, los modelos 3D de las salas y zonas de interés, sí pueden ser visualizados con VTK.

24. Toda la información sobre VTK fue extraída de la referencia 19 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

5.5.2.4. JMF.

*Java Media Framework*²⁵ (JMF) es una librería de Java que habilita a la aplicación que la utiliza a reproducir audio, video y otros archivos a base de tiempo. Este paquete opcional, puede capturar, reproducir y transcodificar múltiples formatos multimedia. Extiende la plataforma estándar de Java permitiendo el desarrollo de aplicaciones multimedia multiplataforma.

Sus principales características son:

- Estabilidad debido a que funciona sobre la máquina virtual Java (JVM).
- Sencillez, ya que permite, usando pocos comandos, realizar complejas tareas multimedia.
- Potencia, permitiendo la manipulación de elementos multimedia de video y audio locales (procedentes de la misma máquina en la que se ejecuta el programa), así como la retransmisión en tiempo real de video y audio a través de la red.

Si bien JMF es apto para reproducir audio y video, se optó por utilizarla solamente para los archivos de audio ya que JMF no soporta el formato de video especificado por la aplicación móvil.

5.5.2.5. QTJava.

QuickTime para Java o QTJ es una librería que le permite al software codificado en el lenguaje Java proveer funciones multimedia al hacer llamados a la librería nativa de QuickTime. Permite a las aplicaciones Java en Mac OS, *Mac OS X** y/o Microsoft Windows soportar capturas, ediciones, reproducciones y exportar distintos formatos multimedia.

QTJ ofrece acceso a la mayoría de las librerías nativas de QuickTime, incluyendo:

- Reproducción.
- Edición.
- Capturas.
- Importación y exportación gráfica.
- Importación y exportación de películas.
- Acceso a nivel de muestra.

25. Toda la información sobre Java Media Framework fue extraída de la referencia 19 del capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.

6. Organización del proyecto.

6.1. Metodología.

El modelo de proceso que se utilizó fue el interactivo e incremental permitiendo crear versiones más completas de software y fabricando versiones sucesivas de los productos. Este modelo cuenta con fuertes ventajas frente a otros, siendo algunas:

- Resolución de problemas de alto riesgo en tiempos tempranos del proyecto.
- Visión de avance en el desarrollo desde las etapas iniciales del desarrollo.
- Obtención del *feedback** del cliente lo antes posible, para orientar el desarrollo al cumplimiento de sus necesidades y realizar todas las adaptaciones identificadas para cumplir con los objetivos planteados.
- Menor tasa de fallo del proyecto, mejor productividad del equipo, y menor cantidad de defectos.
- Manejar la complejidad del proyecto, apuntando a la resolución de los problemas por partes, y no caer en la extenuación del “súper análisis” del producto.
- El aprendizaje y experiencia del equipo, iteración tras iteración, mejora exponencialmente el trabajo, aumentando la productividad y permitiendo optimizar el proceso en el corto plazo.
- El trabajo iterativo deja una experiencia en el equipo que permite ir ajustando y mejorando las planificaciones, logrando menores desvíos en la duración total del proyecto.
- Su adopción, con ciertos recaudos, no presenta grandes inversiones.



Figura 11

6.2. Cronograma.

A continuación se define el cronograma que fue estipulado para las diferentes etapas de proyecto.

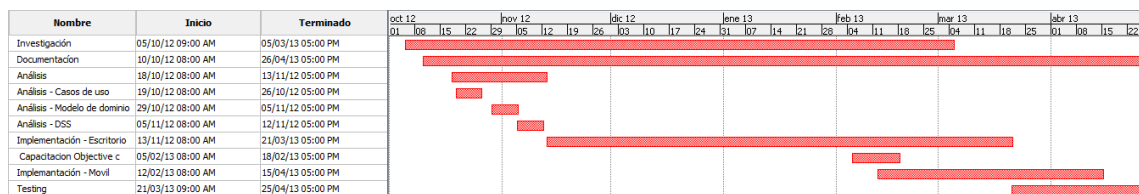


Figura 12

6.3. Herramientas.

6.3.1. Control de versiones.

Para la aplicación de escritorio, cada miembro trabajó en su computador, por lo que se decidió trabajar con un repositorio central alojado en un servidor web (java.net) lo que facilitó el trabajo en equipo y disminuyó los conflictos de código, alojando versiones en un proyecto central del cual se podía acceder desde cualquier computador con NetBeans y Subversion.

También para la aplicación móvil se utilizó un repositorio, pero en este caso al ser una prórroga de una aplicación, se continuó empleando el controlador de versiones que se empleaba anteriormente: GitHub.

6.3.2. Herramientas colaborativas.

Las herramientas colaborativas permiten llevar a cabo un trabajo en grupo y ofrecen el soporte necesario para elaborar un proyecto compartido, cuyo principal objetivo es el intercambio de información, su gestión y control.

Por estos beneficios es que se decidió utilizar *Gmail*^{*}, *Google Docs*^{*} y *Wikispaces*^{*} para la creación de documentos compartidos entre los integrantes del grupo como también con los tutores; útiles para cada etapa del proyecto y para tener un lugar donde todos puedan acceder a la documentación y poseer la última versión, haciendo que el trabajo se realice de forma ágil.

7. Resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos en el presente proyecto con relación a la implementación que se ha realizado, demuestran que fue posible cumplir con las principales metas propuestas al comenzar el proyecto.

Trabajando en equipo se promovieron los canales de comunicación, formales y/o informales, y se eliminaron al mismo tiempo las barreras comunicacionales, logrando fomentar además una adecuada retroalimentación. Existió un ambiente de trabajo armónico, que permitió y promovió la participación de los integrantes de los equipos, donde se aprovechó el desacuerdo para buscar una mejora en el desempeño de la solución. Estas condiciones favorecieron a la dinámica grupal, que originó un fortalecimiento en el grupo y un crecimiento individual en cuanto a nuestras capacidades de comunicación y al trabajo colectivo.

En proyectos realizados en materias cursadas a lo largo de la carrera, se encontraban letras y/o guías más detalladas y orientadas a la informática con detalles que colaboraban a la hora de desarrollar un producto. No obstante esta fue la primera vez que se afrontó un proyecto en el cual el poder de decisión sobre las plataformas a usar, el lenguaje, las librerías, etc. era propio del equipo. Todo esto, fue posible a través de intensa investigación, y buscando siempre la mejor solución e implementación que se creyó posible o que estaba al alcance en su momento.

Al concluir este proyecto, queda demostrado que es posible desarrollar nuevos proyectos conjuntos entre Tecnólogos en Informática y equipos de otras disciplinas, ya que el trabajo fue realizado en conjunto con estudiantes de Ingeniería Eléctrica de Facultad de Ingeniería y se logró una buena y fluida comunicación entre ambos equipos cuando fue necesario. Esta forma de trabajo también permite enriquecer el contenido del proyecto en sí, ya que las partes involucradas pueden contribuir desde diferentes puntos de vista, aportando en pro del rendimiento y funcionalidad del sistema.

7.1. Conclusiones.

Daremos ahora un repaso general del proyecto, presentando conclusiones finales en función de los resultados obtenidos.

Para verificar que el proyecto ha obtenido los resultados esperados, basta con comprobar que se han alcanzado los objetivos que se pautaron al inicio del proyecto. Como puede apreciarse, el marco teórico estuvo bien identificado y trató de centrarse en conceptos introductorios a los diferentes temas.

En este proyecto se propuso y se logró crear un sistema que permite cargar datos mediante una aplicación de escritorio definida para un museo y manejada por los empleados del mismo, donde luego los visitantes de esté disfrutarían de un recorrido interactivo utilizando estos datos cargados previamente por el museo y transferidos a la aplicación móvil por la comunicación establecida, en sus dispositivos móviles.

Se puede concluir que los requerimientos funcionales y no funcionales planteados al comienzo del proyecto y modificados en el transcurso del mismo, para el logro de una mejor funcionalidad y usabilidad del sistema fueron cumplidos, logrando el manejo de los diferentes elementos y datos y alcanzando una asociación entre ellos. Se realizó una aplicación que puede ser extensible y adaptable a diferentes realidades, y que sumada a la variedad de pruebas que se hicieron tanto en la aplicación de escritorio como en la móvil, se pueden tomar los resultados como verificadores de cumplimiento de los objetivos planteados, y se puede decir que el sistema está listo para un uso frecuente.

Los móviles modernos tienen capacidades que los hacen ideales para el desarrollo de aplicaciones interactivas. Ciertas herramientas como *GPS**, brújulas electrónicas, banda ancha y la alta capacidad computacional, han convertido a los celulares en un campo de desarrollo ideal para aplicaciones de geolocalización y RA, que al ser una tecnología moderna se estudió e investigó considerablemente para entenderla y poder continuar con el desarrollo de la aplicación móvil con el objetivo de lograr una solución sólida al problema. Por esto se cree que el proyecto designado, y teniendo en cuenta que no fue fácil de desarrollar por lo previamente mencionado, es muy interesante, porque además del aprendizaje obtenido sobre lo investigado, trata una nueva tecnología que si continúa creciendo podrá convertirse en una poderosa herramienta para el ser humano.

7.2. Trabajo a futuro.

Para la aplicación móvil se considera que un trabajo a futuro que puede realizarse y que la optimizaría, es realizar la navegación indoor, es decir, que no sea por medio de escaneo QR. En este caso, el dispositivo móvil se ubicaría mediante triangulación de señal Wi-Fi, la cámara y el acelerómetro. Otra mejora que se puede considerar es que el visitante del museo a la hora de ver el contenido de una obra no tenga que tomar una foto y enviarla, sino que esta funcionalidad se comporte de manera igual a como lo hace actualmente la aplicación a la hora de identificar un código QR de una sala, es decir, que el procesamiento de la imagen se haga en el dispositivo móvil y no en el servidor. También se deben considerar para mejorar la aplicación móvil y su usabilidad, un motor 3D nuevo, con soporte a más formatos y la implementación de los contenidos de las salas y de las zonas de interés con sus contenidos.

Un punto de mejora en relación al tiempo de espera con el servidor es que en la aplicación móvil al tomar la foto para la identificación de la obra, se use un tamaño fijo para todas las fotos de cualquier dispositivo, descartando la espera (por más mínima que sea) en el servidor cuando cambia el tamaño de las imágenes recibidas a un tamaño estándar para el procesamiento de imagen. Además, para reducir aún más este tiempo de espera mencionado, es necesario mejorar el algoritmo de reconocimiento de imágenes implementado por el equipo de trabajo del proyecto EnCuadro de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

De contar con el tiempo y los recursos necesarios podría considerarse el rediseño de la aplicación móvil por completo. Esto es, realizar el desarrollo de la misma desde cero para obtener un resultado óptimo. Como ya se ha mencionado, se tomó como base la aplicación realizada por los estudiantes de Ingeniería Eléctrica, ya que sino no se hubiese podido llegar a realizarla en tiempo y forma, debido al tiempo que conlleva el aprendizaje del lenguaje y el desarrollo de una aplicación completa.

Y último pero no menos importante, es estudiar la extensión para el *Plan Ceibal*²⁶ para que los niños que cuentan con una XO, puedan utilizar la aplicación móvil, siendo fundamental e indispensable para que esto sea operable una nueva investigación sobre la plataforma Android.

26. Ver referencia 21 en el capítulo 1 del documento “Glosario, apéndice y bibliografía”.