



Trabajo de Fin de Grado

**ULL-AR. Tecnología de realidad
aumentada en entornos
universitarios**

Alejandro Hernández Padrón

La Laguna, 3 de junio de 2019

D. **Francisco de Sande González**, con DNI nº 42.067.050-G profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutor

C E R T I F I C A

Que la presente memoria titulada:

“ULL-AR. Tecnología de realidad aumentada en entornos universitarios”

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Alejandro Hernández Padrón**, con DNI nº 42221533L

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 3 de junio de 2019

Agradecimientos

Mis agradecimientos al profesor Francisco de Sande González por su labor como tutor de este proyecto y orientando este trabajo. compartiendo su conocimiento y exigiendo siempre lo mejor. A mis padres, hermano y amigos por apoyarme en el transcurso de mis estudios.

Resumen

Este documento constituye el trabajo de investigación del alumno durante el proceso de desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles Android mediante el uso de técnicas de realidad aumentada (RA) combinadas con técnicas de geolocalización.

Partimos de los conocimientos de programación en Java adquiridos en la asignatura: “Programación de Aplicaciones Interactivas” cursada en el itinerario de Ingeniería de Computación, también los conocimientos obtenidos en JavaScript, Node.js y MongoDB en la asignatura: “Prácticas Externas” realizada en la empresa “Itop Consulting”. Estas asignaturas, impartidas en el tercer y cuarto curso del Grado en Ingeniería Informática de “La Universidad de La Laguna”, han sido las que han sentado los fundamentos a partir de los cuales se ha desarrollado el trabajo.

Durante este proyecto, el alumno ha conseguido adquirir independencia en su trabajo, visión y planificación realizando tareas de investigación, desarrollo y documentación, que han dado como resultado la obtención de conocimientos durante el proceso de trabajo.

Palabras clave: Aplicaciones Android, Java, La Nube, dispositivos móviles, programación, Realidad Aumentada, Node.js, MongoDB, Google Maps.

Abstract

This document constitutes the research work of the student during the development process of an application for Android mobile devices through the use of augmented reality (AR) techniques combined with geolocation techniques.

Based on the knowledge of *Java* programming obtained in the subject: “*Programming of Interactive Applications*” studied in the itinerary of Computer Engineering, also the knowledge acquired in *JavaScript*, *Node.js* and *MongoDB* in the subject: “*External Practices*” carried out in the company “*Itop Consulting*”. These subjects, carried out in the third and fourth year of the degree in Computer Engineering of “*La Universidad de La Laguna*”, have been the ones who have laid the foundations from which the work has been developed.

Moreover, the student has learned independence in his work and gained vision and scheduling aptitudes, developing different labors of research, development and documentation that have come to give her a wide knowledge during the development of this project.

Keywords: *Application for Android, Java, Cloud Computing, mobile devices, programming, Augmented RealityNode.js, MongoDB, Google Maps.*

Índice general

1. Objetivos	1
2. Herramientas y Tecnologías	2
2.1. Herramientas de Desarrollo	2
2.1.1. Android Studio	2
2.1.2. LaTex	3
2.1.3. Github	3
2.2. Tecnologías utilizadas	4
2.2.1. El Sistema Operativo Android	4
2.2.2. Realidad Aumentada	4
2.2.3. Node.js	12
2.2.4. MongoDB	14
2.2.5. Heroku	15
2.2.6. mLab	16
2.2.7. Google Maps	16
3. RA en entornos universitarios	17
3.1. Posibles aplicaciones	18
3.1.1. Prácticas en laboratorios	18
3.1.2. Trabajos de campo	19
3.1.3. Eventos	19
3.1.4. Libros	19
3.1.5. Visitas	19
3.1.6. Aprendizajes experimentales	20
3.1.7. ejemplos	20
3.2. Aplicaciones móviles en entornos universitarios	21
3.2.1. Descarga automática de material	21
4. La aplicación ULL-AR	22
4.1. Requisitos y ventanas de la aplicación	22
4.1.1. Especificación detallada de los requisitos	22

4.1.2. Ventanas de la aplicación	24
4.2. Inicio de la aplicación	27
4.2.1. Ventana inicial	28
4.2.2. Ventana de <i>Login</i>	30
4.3. Modo de Realidad Aumentada	32
4.3.1. Acceso a los sensores	32
4.3.2. Modelos encargados de la navegación	35
4.3.3. Obtención de la información	40
4.3.4. Visualización	41
4.4. Fragmentos	44
4.4.1. MapsFragment	44
4.4.2. HomeFragment	46
4.4.3. AboutFragment	49
4.5. Menú	49
5. Back-end de la aplicación	52
5.1. Base de datos	52
5.2. Configuración del servidor	52
5.2.1. Requisitos previos	53
5.2.2. Implementación	53
Bibliografía	58

Índice de figuras

2.1.	Android Studio, un IDE flexible e intuitivo.	3
2.2.	Ejemplo de uso de la RA en servicios de mantenimiento.	5
2.3.	Google Glass. Desmostración del uso de RA en deportes.	6
2.4.	Marker-bases AR. Demostración de su funcionamiento.	7
2.5.	RA Volcán. Ejemplo de uso de RA en Educación.	9
2.6.	Funcionamiento de Node.js.	13
2.7.	Ventajas de Node.js.	13
2.8.	Ventajas de MongoDB.	15
4.1.	Ventanas de iniciales de <i>ULL-AR</i>	24
4.2.	Ventana <i>Inicio</i> y el Menú de <i>ULL-AR</i>	25
4.3.	Mapa ULL.	26
4.4.	Ventanas de <i>Todas las instalaciones ULL e Información de la instalación de ULL-AR</i>	27
4.5.	Ventanas de <i>Configuración</i> e <i>Info</i> de <i>ULL-AR</i>	28
4.6.	Disposición de los ejes de un dispositivo Android.	34
4.7.	Ejemplo de una instalación de la ULL en la base de datos.	36
4.8.	Explicación de las variables “coneValue” y “dirToSite”.	37

Capítulo 1

Objetivos

Este documento comprende el trabajo de investigación y desarrollo realizado por el alumno en la consecución de su Trabajo de Fin de Grado (TFG), con el que culminará sus estudios del Grado en Ingeniería Informática cursados en la Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología (ESIT) de la Universidad de la Laguna (ULL).

Este TFG tiene los siguientes objetivos principales:

- Por un lado se pretende ampliar los conocimientos en tecnologías móviles en el sistema operativo *Android* [1] y en el desarrollo de aplicaciones para este sistema operativo.
- También se pretende que el alumno se familiarice con el uso de herramientas de control de versiones utilizando *Github* [2] y de edición de textos técnicos utilizando *LaTeX* [3].
- Otro objetivo presente en este TFG es que el alumno investigue y profundice en las técnicas y tecnologías de realidad aumentada presentes en la actualidad.
- A su vez, se busca que el alumno adquiera conocimientos sobre las capacidades y ventajas del uso de servicios de computación en la nube.
- Por último, tras las labores de investigación y recopilación de información correspondientes, se espera que el alumno aplique los conocimientos adquiridos para desarrollar una aplicación funcional que cubra las necesidades propuestas.

Capítulo 2

Herramientas y Tecnologías

Este capítulo tiene como objetivo presentar las distintas herramientas software y tecnologías empleadas por el alumno en el desarrollo de ULL-AR.

2.1. Herramientas de Desarrollo

2.1.1. Android Studio

Android Studio [4] es el IDE [5] (Entorno de Desarrollo Integrado) oficial para el desarrollo de aplicaciones en Android, basado en IntelliJ IDEA [6]. Android Studio ofrece una serie de funcionalidades que han facilitado a el desarrollador numerosas tareas, entre las cuales podemos destacar:

- Un sistema de compilación basado en Gradle [7] que ha simplificado tanto la inserción de dependencias de las distintas librerías que se han tenido que utilizar, como la compilación de la aplicación.
- Un emulador rápido y fácil de utilizar que ha ayudado a visualizar las distintas pantallas durante el desarrollo, el cual ha sido utilidad en las primeras ventanas de la aplicación.
- La facilidad y velocidad para aplicar cambios a aplicaciones ya funcionando.
- Un sistema de visualización de las diferentes pantallas muy completo, con soporte visual para añadir componentes y cambiar atributos fácilmente.
- Un sistema de depuración, con una interfaz sencilla e intuitiva.



Figura 2.1: Android Studio, un IDE flexible e intuitivo.

2.1.2. LaTex

LaTeX es un sistema de composición de textos, orientado a la creación de documentos que presenten una alta calidad tipográfica. Por sus características y posibilidades, es usado especialmente en la generación de artículos y publicaciones científicas que incluyen, entre otros elementos, expresiones matemáticas, gráficos o figuras.

LaTeX está formado por un gran conjunto de macros de TeX, escrito por Leslie Lamport en 1984, con la intención de facilitar el uso del lenguaje de composición tipográfica, creado por Donald Knuth. LaTeX es software libre bajo licencia LPPL.

Se ha decidido usar esta herramienta debido a la calidad profesional de los documentos que genera. Otra de las ventajas de esta herramienta es que te permite separar el formato y el contenido del documento, esto permite concentrarte más en la creación del contenido sin tener que distraerte con su diseño.

2.1.3. Github

GitHub [2] es una forja (plataforma de desarrollo colaborativo) para alojar proyectos que utiliza el sistema de control de versiones Git. Utiliza el framework Ruby on Rails por GitHub, Inc. (anteriormente conocida como Logical Awesome). Desde enero de 2010, GitHub opera bajo el nombre de GitHub, Inc. El código se almacena de forma pública, aunque también se puede hacer de forma privada, creando una cuenta de pago.

Se ha decidido crear un repositorio en esta plataforma para poder llevar un control y una trazabilidad del proyecto. El tutor y el alumno han trabajado en este repositorio de manera conjunta. En el caso del tutor, principalmente para revisar el seguimiento semanal y llevar un control de las tareas. En el caso del

alumno, para tener un repositorio donde subir los distintos elementos que se han ido generando a lo largo del trabajo.

Mediante el uso de este repositorio, el alumno ha conseguido ampliar sus conocimientos en Git y familiarizarse con la interfaz de GitHub.

Para instalar GitHub en Linux utilizaremos el siguiente comando:

¹ `$ sudo apt install git-all`

2.2. Tecnologías utilizadas

A continuación, se revisan las distintas tecnologías utilizadas en el desarrollo de la aplicación.

2.2.1. El Sistema Operativo Android

Android es un sistema operativo que emplea Linux en la interfaz del hardware. Los componentes del SO subyacentes se codifican en C o C++, pero las aplicaciones se desarrollan en Java. De esta manera Android asegura una amplia operatividad en una gran variedad de dispositivos debido a dos hechos: la interfaz en Linux ofrece gran potencia y funcionalidad para aprovechar el hardware, mientras que el desarrollo de las aplicaciones en Java permite que Android sea accesible para un gran número de programadores conocedores del código.

Este SO fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil: dispositivos móviles, tablets y otros dispositivos como televisores o automóviles. Fue desarrollado inicialmente por Android Inc., empresa que fue respaldada económicaicamente por Google y más tarde adquirida por esta misma empresa.

2.2.2. Realidad Aumentada

La Realidad Aumentada (RA) o Augmented Reality (AR) en inglés, es el término que se usa para definir la visión de un entorno físico del mundo real, a través de un dispositivo tecnológico. Este dispositivo, nos permite expandir nuestro mundo físico añadiendo capas de información digital generadas por un computador, como pueden ser imágenes, sonidos y videos a nuestra visión del entorno en tiempo real.

La RA está cambiando la manera en la que sus usuarios pueden ver el mundo, actualmente es una tecnología que se encuentra en auge debido a su enorme potencial. Empresas de numerosos sectores ya han estado invirtiendo en su desarrollo debido a que los beneficios que traerá esta tecnología y las posibles aplicaciones por descubrir son prometedoras.

En un futuro la RA estará integrada en nuestro día a día y formará parte de la vida cotidiana. Sus posibles aplicaciones no tienen límites, pueden llegar desde reconocer plantas e incluso monumentos y mostrar información sobre lo que se está viendo, hasta añadir información en tiempo real en una operación a un paciente, comprobar cómo queda un mueble en tu salón o sus aplicaciones para realizar videojuegos, como podemos comprobar con el reciente éxito de Pokémon Go!.



Figura 2.2: Ejemplo de uso de la RA en servicios de mantenimiento.

A continuación, se explicará en detalle:

- ¿Cómo funciona esta tecnología?.
- Tipos de Realidad Aumentada.
- Diferencias entre Realidad Aumentada y Realidad Virtual.
- Realidad Mixta.
- Futuro y usos de la Realidad Aumentada.
- Integración de Realidad Aumentada en Android Studio.

¿Cómo funciona esta tecnología?

La RA necesita de un dispositivo de visualización en el que mostrar esta unión del entorno real junto con la información digital. Esta unión puede ser visualizado en múltiples dispositivos: pantallas, gafas, dispositivos portátiles, dispositivos móviles, etc.

Además de estos sistemas de visualización, necesitaríamos de un sistema de computación que realice los cálculos y reciba los datos provenientes de múltiples sensores, es decir: una CPU, una GPU, RAM, GPS, WIFI, bluetooth, acelerómetro, giroscopio, cámara, etc. Gracias a estos elementos el sistema puede reconocer el entorno real.

Todo esto necesita una parte software. El software en una primera parte deberá de reconocer el terreno, ubicaciones, objetos e imágenes, mediante los datos de los sensores y la cámara. Este proceso de transformación de diferentes conjuntos de datos a un sistema de coordenadas se llama registro de la imagen [8].

Posteriormente el software deberá reestructurar el mundo real en función del registro de imágenes, añadiendo y combinando la información correspondiente al entorno para generar nuestra imagen de RA. Existen múltiples maneras en las que se puede reestructurar este mundo.



Figura 2.3: Google Glass. Desmostración del uso de RA en deportes.

Tipos de Realidad Aumentada

Existen hoy en día cuatro tipos de RA:

- Marker-bases AR. Se basa en el reconocimiento de imágenes conocidas como marker o marcadores. Los marker son imágenes distintivas que son reconocidas por nuestro dispositivo fácilmente, debido a que contienen puntos visuales únicos. Un buen ejemplo de este tipo de imágenes son los conocidos códigos QR [9]. Una vez se ha reconocido un marcador, se puede agregar información virtual, esta información puede ser la incorporación de animaciones o videos en una página de un libro de texto, simulaciones de objetos 3D o arquitecturas sin llegar a construirlas de forma física (véase Figura 2.4).

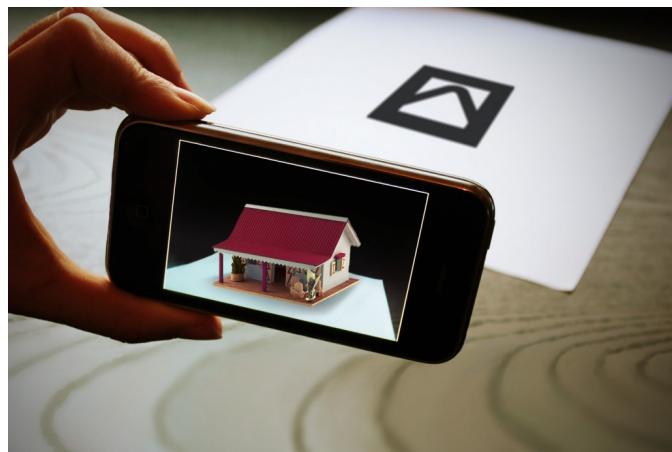


Figura 2.4: Marker-bases AR. Demostración de su funcionamiento.

- Markerless AR. Corresponde a la RA que recoge los datos de su posición y orientación para mostrar la información correspondiente a esa área. Estos sistemas utilizan los datos obtenidos de la cámara, GPS, brújula, giroscopio y acelerómetro para establecer la ubicación del usuario en el entorno. Utiliza técnicas para reconocer terreno o ambientes para calcular la posición y orientación de la cámara. Con este tipo de tecnología podemos probar un mueble en nuestro salón antes de llegar a comprarlo.
- Projection-based AR. Este modo de RA consiste en la proyección de luz en superficies y objetos en el mundo real. Existen muchos usos interesantes de esta tecnología, como aplicaciones para el uso de teclados virtuales proyectados que reconozcan cuando una “tecla” es pulsada. Esta proyección también se puede hacer en medio del aire con ayuda de la tecnología de láseres de plasma.
- Superimposition-based AR. Esta tecnología reemplaza la imagen original por una de RA, de forma completa o parcial. El reconocimiento de objetos juega un papel fundamental en este tipo de tecnología. Tiene gran utilidad el campo de la medicina, por ejemplo, un doctor podría examinar a un paciente mientras ve la imagen de RA que se creó a partir de una visión de rayos X y la imagen real de paciente, así puede ver y entender mejor el daño en un hueso.

A parte de los cuatro tipos de RA, existen subtipos dentro de cada uno de ellos.

“Location-based AR” es un tipo de “Markerless AR” que se centra más en los cálculos de la orientación y geolocalización del dispositivo. Esta técnica RA puede proveer de ayuda viajeros que necesiten una mano para moverse por la ciudad, ya

que mediante el reconocimiento de su ubicación y la orientación pueden mostrarles la ruta para llegar a su destino o mostrarle información de los puntos de interés que les rodean. Esta será la técnica de RA implementada en la aplicación a desarrollar en este TFG.

Diferencias entre Realidad Aumentada y Realidad Virtual

En los últimos años la realidad virtual (RV) o virtual reality (VR [10]) en inglés y la realidad aumentada han empezado a recibir mucha más atención. Llevando a desarrolladores llevar acabo integraciones de ambas tecnologías en numerosas industrias.

De acuerdo con un análisis de expertos, la RV iba tener el liderato por 2018 como tecnología pionera, sin embargo, la RA va a tener mucha más importancia y a largo plazo, llegando a forma parte de nuestro día a día.

La realidad virtual es un entorno de escenas u objetos de apariencia real. Aleja al usuario del entorno real y da la sensación de estar inmerso en él. Dicho entorno es contemplado por el usuario a través de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual. Este puede ir acompañado de otros dispositivos, como guantes o trajes especiales, que permiten una mayor interacción con el entorno, así como la percepción de diferentes estímulos que intensifican la sensación de realidad.

La realidad aumentada no aísla al usuario de mundo exterior, sino que lleva al mundo real objetos virtuales mediante la superposición de imágenes en tiempo real.

Realidad Mixta

Existe otro tipo de tecnología que nace de la unión de realidad aumentada y la realidad virtual, la realidad mixta (RM [11]). Es un tipo de realidad similar a la realidad aumentada, pero con una idea más ambiciosa de mezclar lo real con lo virtual.

En la realidad mixta se trata de llevar el mundo real al mundo virtual. La idea es generar un modelo 3D de la realidad y sobre él superponer información virtual. De esta forma, se podrán combinar ambas realidades para agregar contenido adicional de valor para el usuario de RM. La RM es mucho más inmersiva que la realidad aumentada y requiere de mucho más poder de procesamiento.

Futuro y usos de la Realidad Aumentada

Actualmente la realidad aumentada la tenemos más mano que en años anteriores. Dispositivos como los dispositivos móviles ya nos traen y nos enseñan las primeras muestras de esta tecnología, la cual está en sus primeros años de

desarrollo, pero ya se puede ver el potencial y la enorme importancia que va a tener en un futuro.

Los usos actuales de esta tecnología se acercan a todos los sectores conocidos:

- Realidad Aumentada en Educación. La llegada de la RA afectará a los procesos convencionales de aprendizaje. La RA tiene la capacidad de cambiar el horario y el lugar en el que se estudia y la posibilidad de introducir nuevos métodos de enseñanza.

Actualmente gran parte de la población joven tiene un dispositivo móvil el cual es un medio hábil para la RA. Por lo tanto, se dan unas condiciones idóneas para que la RA profundice en el campo de la educación y se hagan más descubrimientos ya que cada estudiante va a tener un dispositivo a mano capaz de reproducir la RA, lo cual puede ayudar a los estudiantes a tener contenidos más accesibles sobre cualquier asignatura o conseguir que información compleja sea más fácil de entender. Un ejemplo claro sería la creación de libros interactivos que al ser apuntados con la cámara del móvil muestren el funcionamiento en 3D de un volcán (véase Figura 2.5) o del latido de un corazón.

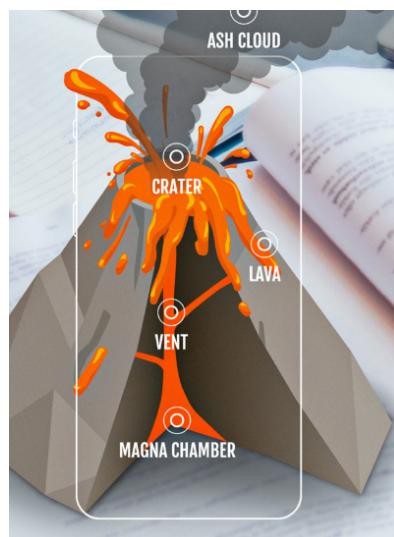


Figura 2.5: RA Volcán. Ejemplo de uso de RA en Educación.

- Realidad Aumentada en los Videojuegos. Sin duda uno de los sectores en lo que más interés se tiene para desarrollar esta tecnología y quizás donde más se haya avanzado en realidad aumentada. Todas las grandes empresas de este sector tienen ya potentes desarrollos y lanzamientos de videojuegos que combinan la realidad física con la virtual, con múltiples posibilidades

de personalización dentro de cada juego. En un futuro esta tecnología revolucionará todo el sector de los videojuegos y cambiará la manera en la que interactuamos con ellos.

Un claro ejemplo del potencial de la RA en este sector, está en el éxito de Pokemón Go! [12]. Una aplicación para dispositivos móviles que utiliza técnicas de RA basadas en la localización, el cual a través de la cámara del dispositivo y modelos 3D para representar a los personajes de la saga Pokemón [13], los cuales se encuentran escondidos en ubicaciones del mundo real.

- Realidad Aumentada en la Industria. El desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en el ámbito industrial también está creciendo, ya que ayudan a mejorar la productividad de los ciclos de trabajo. Por ejemplo, algunas compañías están desarrollando aplicaciones que ayuden a los trabajadores de una cadena de montaje. De este modo, los empleados podrán obtener información adicional sobre las acciones que llevan a cabo. Este mismo sistema también se puede implementar en las reparaciones de vehículos o maquinaria industrial, ya que la aplicación puede mostrarnos toda clase de avisos sobre las piezas deterioradas. Incluso nos puede llegar a mostrar contenido visual en 3D sobre cómo llevar a cabo la reparación o sustitución de esos elementos.
- Realidad Aumentada en Turismo. El negocio del turismo siempre ha intentado estar al día con la nueva tecnología para poder ofrecer nuevos servicios, formas de publicitarse, transporte y actividades de ocio. Por eso no es raro que la RA se haya hecho un hueco en este sector debido al potencial que tiene para mejorar la experiencia de los turistas.

Un posible uso en este sector es la puesta de guías turísticas que faciliten a los usuarios de estas moverse por la ciudad, señalando puntos de interés, datos históricos, restaurantes, hoteles, etc. El mismo concepto podría aplicarse en museos y zoos. Otro uso interesante sería el de romper la barrera del lenguaje gracias a la traducción inmediata de señales, textos y anuncios, al idioma del turista. Para los Juegos Olímpicos de Tokio 2020 se espera tener esta tecnología preparada para poder traducir a los visitantes en tiempo real todos los textos, señales y anuncios, a través de sus dispositivos móviles.

- Realidad Aumentada en Medicina. En cuanto a la Medicina, es interesante ver cómo avanza la tecnología en este campo que sin duda apunta prometedor para mejorar nuestra calidad de vida y salud.

Los principales usos que se plantean se encuentran enfocados principalmente en los quirófanos, en los que el especialista o cirujano monte una especie gafas-

pantalla que le permita realizar la operación sin la necesidad de apartar la vista del paciente para consultar información o ir monitorizando la operación. Esto se traduce en operaciones más rápidas y seguras sin que el cirujano se despiste. A su vez, esto podría mostrar información anatómica sobre el paciente en tiempo real, es decir, gracias a algoritmos de inteligencia artificial, permitir identificar nervios, venas mayores y huesos, y que estos sean marcados con un distinto color, facilitando mucho las labores de los médicos.

Android Studio y la RA

Para la integración de realidad aumentada en Android, se han probado y estudiado los kits de desarrollo de software (SDK [14]) de realidad aumentada disponibles para Android Studio. Estos son:

- **Vuforia** es un SDK de realidad aumentada que permite a los desarrolladores de aplicaciones crear rápidamente experiencias de RA inmersivas, de alta fidelidad y centradas en el móvil. El SDK de Vuforia aprovecha la tecnología de visión por computadora para identificar y rastrear imágenes y objetos 3D en tiempo real. Esta funcionalidad permite orientar y colocar objetos virtuales, incluidos modelos 3D y otros contenidos, en relación con el entorno del mundo real. Los modelos 3D y la información digital se pueden superponer sobre la escena del mundo real y verlos en relación con el entorno a través de un dispositivo móvil.
- **Kudan AR SDK** es una plataforma diseñada para desarrolladores de RA como una plataforma preparada para admitir tanto en el reconocimiento basado en marcadores como sin marcadores y el seguimiento de ellos. El motor Kudan SDK principal, se desarrolla completamente en C++ y posee optimizaciones específicas de la arquitectura desarrolladas para proporcionar un rendimiento más rápido y sólido sin afectar negativamente el espacio de memoria.
- **MaxST SDK** de realidad aumentada proporciona un motor RA integral multiplataforma equipado con todas las características requeridas por los desarrolladores para crear experiencias y aplicaciones de RA. El MaxST AR SDK proporciona las siguientes funcionalidades: seguimiento instantáneo, SLAM [15] (utiliza la cámara del teléfono inteligente para crear un "mapa virtual" del área circundante), rastreo de objetos, reconocimiento de imágenes y de marcadores.

Se ha optado por utilizar "Kudan AR SDK" para el desarrollo de la aplicación

de este TFG debido a problemas de compilación y flexibilidad en las opciones gratuitas de los otros dos SDK en Android Studio.

2.2.3. Node.js

Node.js [16] es una librería y entorno de ejecución de E/S dirigida por eventos y por lo tanto asíncrona que se ejecuta sobre el intérprete de JavaScript creado por Google llamado Chrome V8 [17]. Node.js es un entorno de JavaScript del lado del servidor, basado en eventos. Utilizar el motor de Chrome V8 permite a Node.js un entorno de ejecución que compila y ejecuta JavaScript a velocidades increíbles.

¿Cómo funciona?

Node.js fue desarrollado con el objetivo que fuera un sistema escalable y que tuviera la consistencia de generar un elevado número de conexiones de forma simultánea con el servidor. La mayoría de las tecnologías que trabajan desde el lado del servidor tienden a accionar las peticiones de forma aislada y mediante hilos independientes. Esto se traduce en que a mayor número de solicitudes mayor es la cantidad de recursos necesarios para responderlas. Node.js se ha desarrollado para optimizar la gestión de estas solicitudes.

La solución que propone Node.js se basa en el tratamiento de las solicitudes de forma unificada en un único hilo complementado con un bucle de eventos (Event Loop [18]) de tipo asíncrono. De este modo cada petición que se recibe se trata como un evento y pertenecen a este único bucle (véase Figura 2.6). Este nuevo replanteamiento proporciona un lenguaje con una capacidad para gestionar una gran cantidad de solicitudes y conexiones con la máxima eficiencia.

Node.js utiliza un E/S de tipo asíncrono. En los modelos de tipo asíncronos, las tareas que efectúa el servidor se realizan de manera simultánea y repartidas entre los hilos del procesador. Este procedimiento evita que se produzcan bloqueos y proporciona una mayor potencia y velocidad de procesamiento.

Otro de sus puntos fuertes es su gestor de paquetes Node Package Manager (NPM). Gracias a este gestor se pueden instalar paquetes, módulos y agregar dependencias de manera simple.

¿Porqué Node.js?

- Fácil de integrar e instalar en cualquier servidor, sin importar el sistema operativo.
- JavaScript como base. Un lenguaje fácil de entender y aprender por cualquier programador.

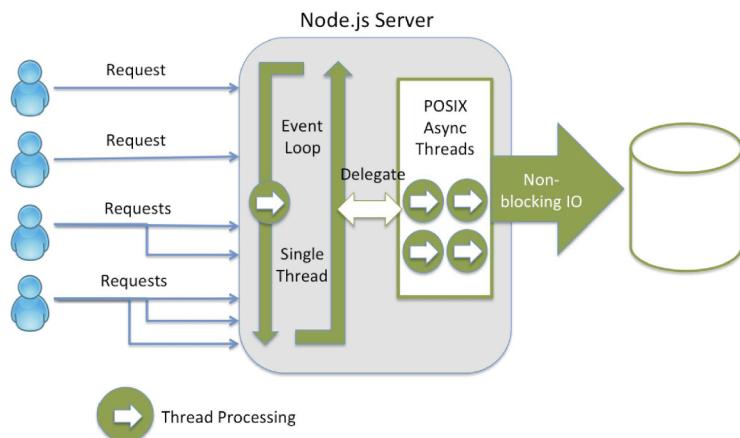


Figura 2.6: Funcionamiento de Node.js.

- Gran rendimiento, permite generar a su vez arquitecturas potentes y sólidas.
- Su alta capacidad de escalabilidad. La creación de aplicaciones web con la capacidad de atender muchos miles de solicitudes en un único servidor de forma simultánea, sin la necesidad de tener que incrementar las infraestructuras de servidores.
- Un proceso de desarrollo y programación de aplicaciones rápido y liviano.

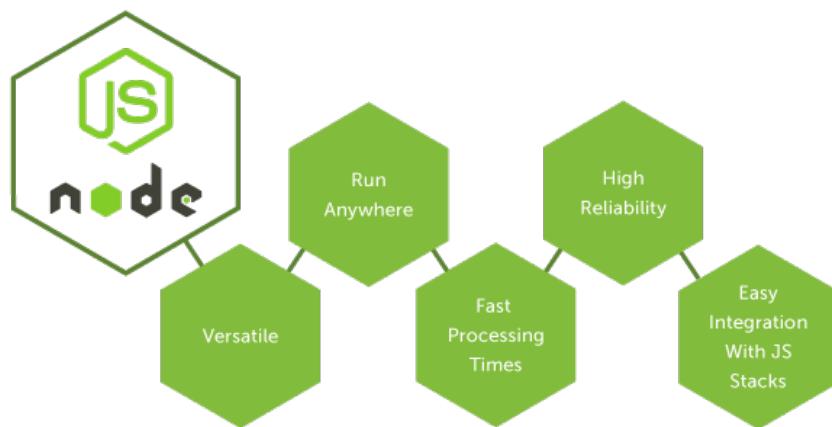


Figura 2.7: Ventajas de Node.js.

Para instalar Node.js en nuestra máquina con Linux deberemos ejecutar estos comandos:

```
1 $ curl -sL https://deb.nodesource.com/setup_11.x | sudo -E bash -
2 $ sudo apt install -y nodejs
```

2.2.4. MongoDB

Descripción

MongoDB [19] es un sistema de base de datos multiplataforma NoSQL [20] orientado a documentos. Esta base de datos es de esquema libre, es decir, en un mismo documento podemos tener entradas o registros con diferentes atributos unos de otros sin tener que repetirse un registro a otro. Este esquema difiere de las tablas de bases de datos relacionales.

¿Cómo funciona?

Un registro en MongoDB es un documento, cuya estructura de datos se compone por el par campo y valor. Utilizan un formato para guardar estas estructuras que se llama BSON [21] también llamada JSON [22] Binario. Este formato tiene una ventaja pese a que puede ocupar más espacio de lo que lo haría el formato JSON. BSON guarda de forma explícita las longitudes de los campos, los índices de los arrays, y demás información útil para el escaneo de datos y así agilizar las búsquedas en estos documentos.

Estos documentos, que a su vez incorporan una clave primaria como identificador, son la unidad básica de datos en MongoDB. Las colecciones en MongoDB contienen un conjunto de documentos y funciones equivalentes a las de las bases de datos relacionales.

Ventajas de MongoDB

- El hecho de que sea una base de datos NoSQL, significa que no necesita esquemas predefinidos y puede guardar cualquier tipo de datos. Esto otorga una increíble flexibilidad para crear cualquier tipo de campos que se necesiten en un documento, permitiendo mayor escalabilidad en MongoDB comparado a las bases de datos tradicionales.
- A su vez, el uso de documentos para guardar la información hace que sea mucho más fácil de mapear estos datos en los lenguajes nativos de programación.

- Es fácil de acceder a los documentos si los indexamos. En MongoDB este indexado provee de rápidos tiempos de respuesta a las peticiones, esto le permite ser hasta 100 veces más rápido que los modelos de bases de datos relacionales.
- MongoDB es una base de datos distribuida, por lo que es fácil de usar y proporciona una elevada disponibilidad, escalabilidad horizontal y distribución geográfica.

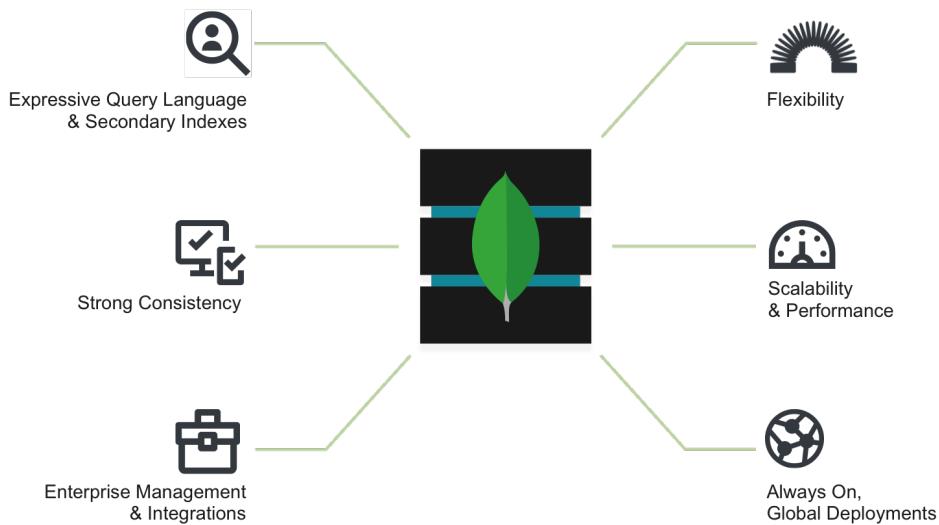


Figura 2.8: Ventajas de MongoDB.

2.2.5. Heroku

Heroku es una plataforma como servicio de computación (PaaS [23]) en la nube que soporta distintos lenguajes de programación. Heroku permite a desarrolladores y compañías construir, proporcionar, monitorizar y escalar aplicaciones. Es una forma sencilla de montar una infraestructura en la nube.

Heroku es conocida por correr las aplicaciones en “dynos”. Un dyno es simplemente un ordenador virtual que pueden ser encendido y/o apagado en función al tamaño y requisitos de tu aplicación.

A cada uno de estos dynos se le puede configurar más espacio o capacidad de procesamiento, o se pueden añadir más dynos si tu aplicación lo necesita. Heroku a cada mes realiza un cobro en función de los dynos que tengas contratados.

Se ha optado por utilizar el dyno gratis que ofrece Heroku a cada repositorio. El cual tienen un límite de 1000 horas activas al mes y se pone en suspensión a

los 30 minutos sin recibir tráfico. Una vez que vuelve a recibir tráfico se activa de nuevo.

Para instalar Heroku en nuestro dispositivo solo tenemos que seguir los pasos de la web [24].

2.2.6. mLab

mLab es un servicio de base de datos en la nube totalmente gestionado que ofrece aprovisionamiento y escalados automáticos de las bases de datos MongoDB, copia de seguridad y recuperación, monitoreo, herramientas de administración basadas en web y soporte experto. La plataforma de base de datos como servicio de mLab corre sus máquinas en proveedores de servicios en la nube como AWS [25], Azure [26] y Google Cloud [27].

En esta plataforma se ubicará la base de datos de nuestra aplicación. Dado las facilidades de acceso a ella e integración con el servidor de nuestra aplicación en Node.js, es una opción simple, fácil de manejar y con posibilidad de escalar.

2.2.7. Google Maps

La API de Google Maps [28] fue publicada para Android en 2008 y en 2012 para IOS. Esta API permite utilizar mapas basados en datos de Google Maps en una aplicación Android, y además ofrece métodos para personalizar el mapa:

- Creación de marcadores, polígonos y superposiciones sobre el mapa para resaltar puntos o zonas.
- Permite cambiar la vista del usuario de modo que se muestre un área del mapa en particular.
- Ofrece la posibilidad de elegir el tipo de mapa: de carreteras, satélite, híbrido (fusión de carretera y satélite) y de terreno.

Con esta API fácil de integrar y con soporte de Google, es la mejor opción para tener un mapa funcional y que nos permita ubicarnos en una aplicación Android.

Capítulo 3

RA en entornos universitarios

En este capítulo trataremos los usos y ventajas de la integración de la realidad aumentada en entornos universitarios.

La realidad aumentada se presenta en el ámbito educativo como una tecnología capaz de aportar transformaciones significativas en la forma en que los estudiantes perciben y acceden a la realidad física, proporcionando así experiencias de aprendizaje más ricas e inmersivas.

Con la continua implantación de nuevas tecnologías en las aulas, junto al incremento de dispositivos móviles en la población, sitúa a la RA en una posición destacada en la actualidad. En la actualidad en educación, la realidad aumentada rara vez se usa, pero cada vez más docentes, investigadores y desarrolladores están comenzando a moverse hacia nuevos métodos de enseñanza más interactivos.

La tecnología de la RA permite cambiar la forma de entender los contenidos de aprendizaje, puesto que aporta nuevas formas de interacción con el mundo real a través de capas digitales de información que amplían, completan y transforman en cierto modo la información inicial.

Las aplicaciones que tiene la RA, en lo referente a la creación de materiales didácticos y actividades de aprendizaje son múltiples, directas y fáciles de imaginar en prácticamente todas las disciplinas, sobre todo, las relacionadas con las ciencias aplicadas (ingeniería, química y física, biología), pero también en el campo del diseño industrial, la cirugía, la arqueología, etc.

Los beneficios potenciales de la RA aplicados a la educación incluyen:

- Aumentar o enriquecer la información de la realidad para hacerla más comprensible al estudiante.
- Permite múltiples formas de visualización de conceptos teóricos difíciles.
- El uso de una interfaz tangible para la manipulación de objetos, que permite observar un objeto desde diferentes puntos de vista, seleccionando,

el estudiante, el momento y posición de observación.

- Potenciar el aprendizaje ubicuo [29].
- Crear escenarios “artificiales” seguros para los estudiantes como pueden ser laboratorios o simuladores.
- Enriquecer los materiales impresos para los estudiantes con información adicional en diferentes soportes.
- Facilita la colaboración efectiva y discusión entre los estudiantes.

Hay que tener en cuenta una serie de requisitos a la hora de diseñar un sistema educativo de RA. Estos requisitos son:

- Ser sencillo y robusto.
- Permitir que el educador ingrese información de manera simple y efectiva.
- Proporcionar al alumno información clara y concisa.
- Permitir una fácil interacción entre estudiantes y educadores.
- Realizar procedimientos complejos transparentes para los alumnos.
- Ser rentable y fácilmente extensible.

3.1. Posibles aplicaciones

3.1.1. Prácticas en laboratorios

Los laboratorios, poseen instrumental de aprendizaje que engloba más información de la que por su apariencia aporta, lo que hace que sea un escenario ideal para el uso de tecnología como la realidad aumentada. A todos aquellos elementos que podemos encontrar en un laboratorio se les puede asociar video tutoriales con información de uso, información en texto, archivos audibles, etc., que pueden ser accesibles de forma sencilla desde un dispositivo móvil. Permite la realización de prácticas en las que el profesor añada la información a los elementos del laboratorio y los alumnos sean los que consulten esa información, pueden ser los propios alumnos los que integren la información en el laboratorio, pueden crear varios puestos con información a modo de instrucciones de una práctica, etc.

3.1.2. Trabajos de campo

Al igual que en el caso de los laboratorios cualquier experiencia o práctica que hagamos es susceptible del uso de la realidad aumentada. Se podrá asociar información a un entorno objeto de estudio tanto por parte del alumnado como el profesorado para su trabajo de forma experimental de una forma muy sencilla. De esta manera, objeto de conocimiento y conocimiento se dan en el mismo tiempo y lugar. Un par de ejemplos pueden ser la realización de rutas por ciudad visitando lugares emblemáticos y descubriendo la información asociada a esos sitios, estatuas, edificios, monumentos, etc., o por zonas rurales, de montaña en las que podríamos identificar especies, accidentes geográficos, etc.

3.1.3. Eventos

En este tipo de ejemplo de uso cabrían las exposiciones, seminarios, jornadas, encuentros, etc. A través de la documentación que se realiza para los asistentes, ponentes y a modo de publicidad se pueden incluir códigos QR en posters informativos, en folletos, catálogos o en las webs de los eventos. Si utilizamos una aplicación específica de igual manera puede incluirse información adicional. Es un recurso muy interesante ya que es un modo de incluir gran cantidad de información asociada al evento accesible con cualquier soporte móvil en cualquier sitio y lugar debido a la ubicuidad de estos dispositivos.

3.1.4. Libros

A los libros electrónicos o en formato papel se añade realidad aumentada utilizando como activador de la información los textos, ilustraciones, encabezados, pies de página, etc., y como información adicional en muchos casos se incluye la biografía del autor, los pies de página, vídeos que desarrollan la acción más ampliada, textos adicionales y audios. Se denominan libros aumentados. El libro enmarcado en el proyecto: “HUSO DIGITAL: LA CIUDAD UNIVERSITARIA EN REALIDAD AUMENTADA, “El libro aumentado de Eduardo Torroja” es un claro ejemplo.

3.1.5. Visitas

En muchos casos, a lo largo del curso académico se realizan salidas fuera del aula y se visitan lugares como complemento educativo a las clases regladas. Los museos, galerías, fábricas, empresas, incorporan la realidad aumentada en sus recorridos proporcionando una información completa y audiovisualmente muy atractiva a los visitantes. Los estudiantes además de aprender la materia objeto de la visita

desarrollan las destrezas que el manejo de esta tecnología les proporciona.

3.1.6. Aprendizajes experimentales

prácticamente todas las disciplinas tienen una parte experimental que pueden realizarse con realidad aumentada facilitando en gran medida el aprendizaje y el desarrollo de destrezas transversales. Ejemplos claros pueden ser en medicina, donde el uso de las google glass de forma experimental hace un par de años fue muy mediático, en arquitectura e ingenierías, la posibilidad de realizar y ver modelos en 3D de diferentes edificios y construcciones es muy útil en el aprendizaje del alumno. En química o física con aplicaciones como las que aparece en el bloque 3 dedicado a programas y aplicaciones, también en ramas como la Gabinete de Tele-Educación 24 Universidad Politécnica de Madrid Realidad Aumentada en Educación biología, arte, historia, diseño, idiomas, geografía, matemáticas, urbanismo, música, geometría, etc.

3.1.7. ejemplos

Desde la Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía de la Universidad Politécnica de Madrid y de una manera muy sencilla nos presentan una práctica extrapolable a cualquier disciplina interesada en la observación del relieve de los mapas. Consiste en un simulador con un cajón de arena moldeable y tras ser capturado por una cámara con un sensor infrarrojo calcula un modelo digital tridimensional del terreno, además se proyectan sobre la arena las curvas de nivel, coloreadas con tintas hipsométricas. Permite la simulación de agua y de volcanes a modo de realidad aumentada. Sobre la arena se verá la representación cartográfica.

<http://idav.ucdavis.edu/> okreylos/ResDev/SARndbox/

Varios científicos de la Universidad Carlos III de Madrid han diseñado unas gafas inteligentes que permiten conectar a profesores y alumnos en tiempo real en el aula. Telmo Zarraonandia, Ignacio Aedo, Paloma Díaz y Álvaro Montero a través del artículo, An augmented lecture feedback system to support learner and teacher communication explican su funcionamiento. Con tan solo ponerse las gafas en cuestión, el docente obtendrá información del alumno al mirar tras ellas. Notas y comentarios que lanzarán los alumnos al docente los podrá recibir con tan solo observar a su grupo de clase.

El feedback estará asegurado en estas aulas, de nuevo utilizando como recurso tecnológico la realidad aumentada.

Collaborative work of students within the Augmented Reality application Construct3D

Libros de texto aumentados

Modelos 3D utilizados en arquitectura para la visualización de dispositivos
Casos de usos.

3.2. Aplicaciones móviles en entornos universitarios

- XXX
- XXX

3.2.1. Descarga automática de material

Capítulo 4

La aplicación ULL-AR

En este capítulo explicaremos la aplicación ULL-AR utilizando la especificación de requisitos de esta y explicando su funcionamiento.

4.1. Requisitos y ventanas de la aplicación

Nos dispondremos a exponer los requisitos de la presente aplicación propuesta para el desarrollo de este TFG.

Se trata de una aplicación para móviles, más concretamente, a aquellos dispositivos que utilizan Android como sistema operativo. Es una aplicación diseñada para los estudiantes de la Universidad de La Laguna, la cual les permita ubicarse, detectar y reconocer las instalaciones y edificios pertenecientes a la universidad, mediante técnicas de realidad aumentada basadas en la geolocalización.

Los requisitos principales de la aplicación son:

- La aplicación se desarrollará para dispositivos con Android. Se utilizará Android Studio como IDE para su desarrollo.
- Se implementarán técnicas de realidad aumentada basadas en la geolocalización para mostrar al usuario la instalación de la ULL a la cual apunte con la cámara.
- Las instalaciones, junto a su información correspondiente, estarán ubicadas en un base datos en la nube. El servidor que se conecte con esta base de datos también deberá estar en la nube.

4.1.1. Especificación detallada de los requisitos

La aplicación se iniciará una Splash Screen [30] o pantalla de inicio con el logo de la Universidad de La Laguna. Esta pantalla dará paso a una ventana de login.

Para poder utilizar la aplicación, el usuario ha de ser alumno de la Universidad de La Laguna y poseer su respectiva cuenta de Google con el correo institucional de la ULL. Este correo ha de tener el siguiente formato: “*aluxxxxxxxxxx@ull.edu.es*”. Sin ella no se podrá acceder a la aplicación. Además, se podrá cerrar la sesión de esta cuenta.

Una vez logueado accederemos a una ventana de *Inicio* en la que aparecerá un acceso directo a las ventanas de *Mapa ULL* y *Navegación en modo RA* que explicaremos más adelante. A su vez, dispondrá de los accesos directos a enlaces de interés de Universidad de La Laguna que se abrirán en un navegador externo.

Una vez dentro de la aplicación, tendremos un menú para movernos por las diferentes ventanas. Se utilizará un menú deslizante lateral o *Navigation Drawer* [31] ubicado en la parte superior izquierda de la aplicación. Este menú deberá ser simple e intuitivo.

Como accesos en este menú disponemos de las siguientes ventanas:

- Inicio. Ventana inicial con la que se abre la aplicación.
- Mapa ULL. Esta ventana contendrá un mapa de la universidad con todas las instalaciones en la base de datos.
- Navegación en modo RA. En esta ventana, mediante el uso de la cámara, se identificarán las instalaciones universitarias a los que el usuario apunte y permitirá mostrar una pestaña con información detallada de las mismas.
- instalaciones de la ULL. Contiene todas la ubicaciones e instalaciones de la Universidad de La Laguna y permitirá la búsqueda de estas.
- Configuración. Permitirá acceder a los ajustes de la aplicación.
- Cerrar sesión. Cerrará la sesión actual y nos devolverá a la ventana de login.
- Info. Información de aplicación así como de su autor.

Cada instalación de la universidad tendrá una ficha de información que será accesible desde una ventana de la aplicación con la siguiente información:

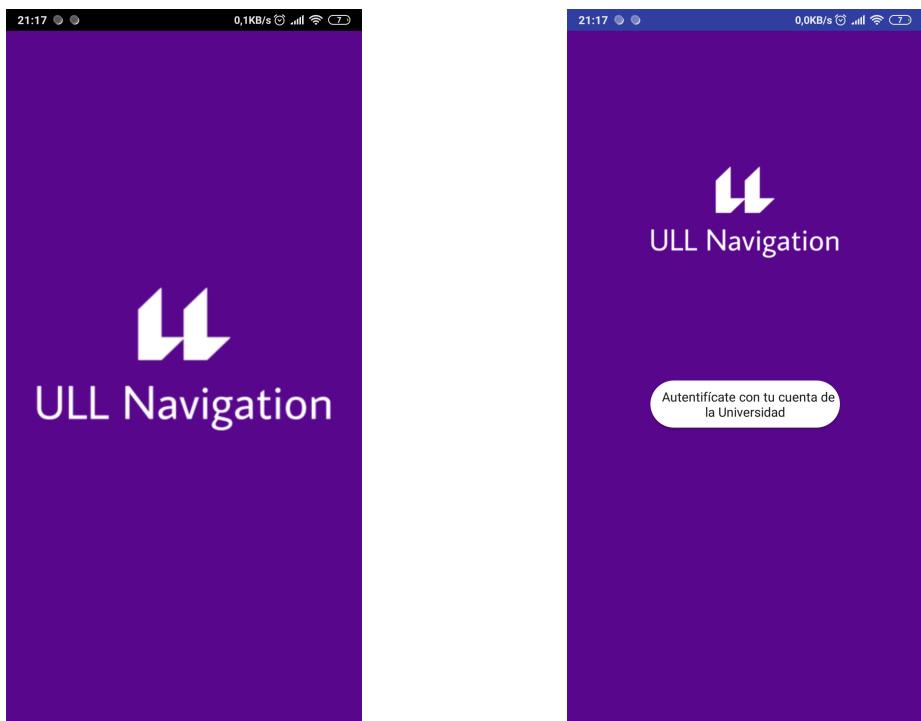
- **Id:** campo para identificar la instalación.
- **Nombre:** nombre oficial de la instalación.
- **Ubicación:** la ubicación exacta en la que se encuentra la instalación.
- **Descripción:** descripción de la instalación con el objetivo y actividades que se desarrollan en él.

- **Imagen:** imagen de la instalación.
- **Lista de enlaces de interés:** una lista con los enlaces a las instituciones, servicios, departamentos y grados que se imparten en esta instalación.

Esta información estará guardada en una base de datos en la nube. Para acceder a esta, se dispondrá de un servidor en la nube que conecte con la base de datos y envié la información a la aplicación.

4.1.2. Ventanas de la aplicación

Nada más iniciar la aplicación nos encontramos con dos ventanas.



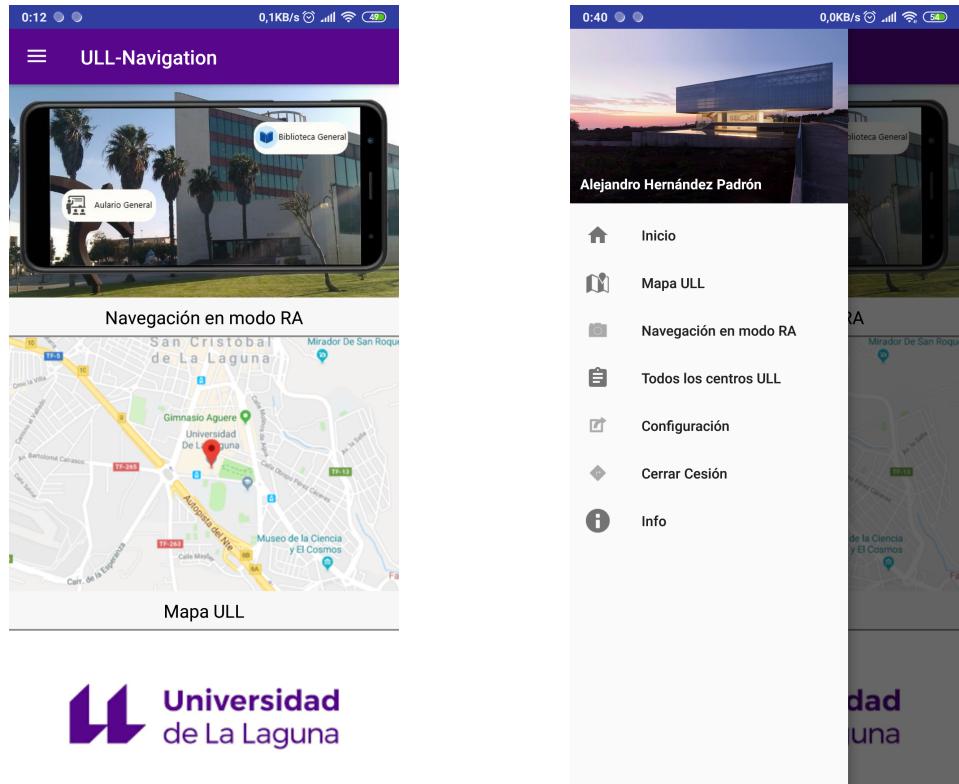
(a) Splash-Screen.

(b) Login.

Figura 4.1: Ventanas de iniciales de *ULL-AR*.

La primera ventana (véase Figura 4.1a) es la pantalla de inicio o Splash Screen que aparece cuando ejecutamos la aplicación. Tras unos segundos, se carga la ventana de *Login* (véase Figura 4.1b). Para poder loguearnos deberemos tener una cuenta de Google de la ULL. Una vez que presionamos en el botón del medio, se nos abrirá una ventana de diálogo para que pongamos nuestra cuenta.

Cuando nos hayamos logueado con éxito, se nos abrirá la venta de *Inicio* (véase Figura 4.2a). En esta tendremos una lista de accesos directos a las funcionalidades principales de la aplicación, como son *Navegación en modo RA*, *Mapa ULL* y una serie de enlaces a sitios web relacionados con la ULL.



(a) Inicio.

(b) Menú. Navigation Drawer.

Figura 4.2: Ventana *Inicio* y el Menú de *ULL-AR*.

En la esquina superior izquierda de aplicación tenemos el acceso al menú *Navigation Drawer*. Si lo pulsamos se nos desplegará el menú que nos permite movernos por las distintas ventanas de la aplicación (véase Figura 4.2b).

Si nos movemos a la ventana de *Mapa ULL* (véase Figura 4.3) veremos el mapa de la API de Google Maps. En este mapa nos aparecerán en pinos azules las ubicaciones con sus respectivos nombres de la ULL que están guardadas en la base de datos. Cuando el GPS del dispositivo encuentre la ubicación aparecerá un pin rojo que indicará nuestra posición. En la parte de abajo en el centro disponemos de un botón llamado “AR Mode” que nos llevará directo a la ventana de *Navegación en modo RA*.

En la ventana de *Navegación en modo RA* se nos mostrará la vista de la cámara de nuestro dispositivo



Figura 4.3: Mapa ULL.

XXX

A través del menú de la aplicación podemos acceder a la ventana de *Todas las instalaciones ULL* (véase Figura 4.4a). Aquí se nos mostrarán todas las instalaciones de la ULL que se encuentran en la base de datos. Se podrá hacer una búsqueda de cualquier instalación en la barra superior de la aplicación. Si pulsamos cualquiera de estas instalaciones se nos desplegará una ventana con la información detallada de la instalación.

En la ventana *Información de la instalación* (véase Figura 4.4b) se dispondrá la información de esta. Aquí se nos mostrará una imagen de este, nombre y descripción de la instalación y una lista de enlaces con los servicios, secretarías, grados y departamentos que podemos encontrar. Disponemos de un botón en la parte inferior de la imagen de la instalación que nos abrirá la ruta a su ubicación en la aplicación de Google Maps para poder llegar a ella.

Por último desde el menú podemos acceder a las ventanas de *Configuración* e *Información*.

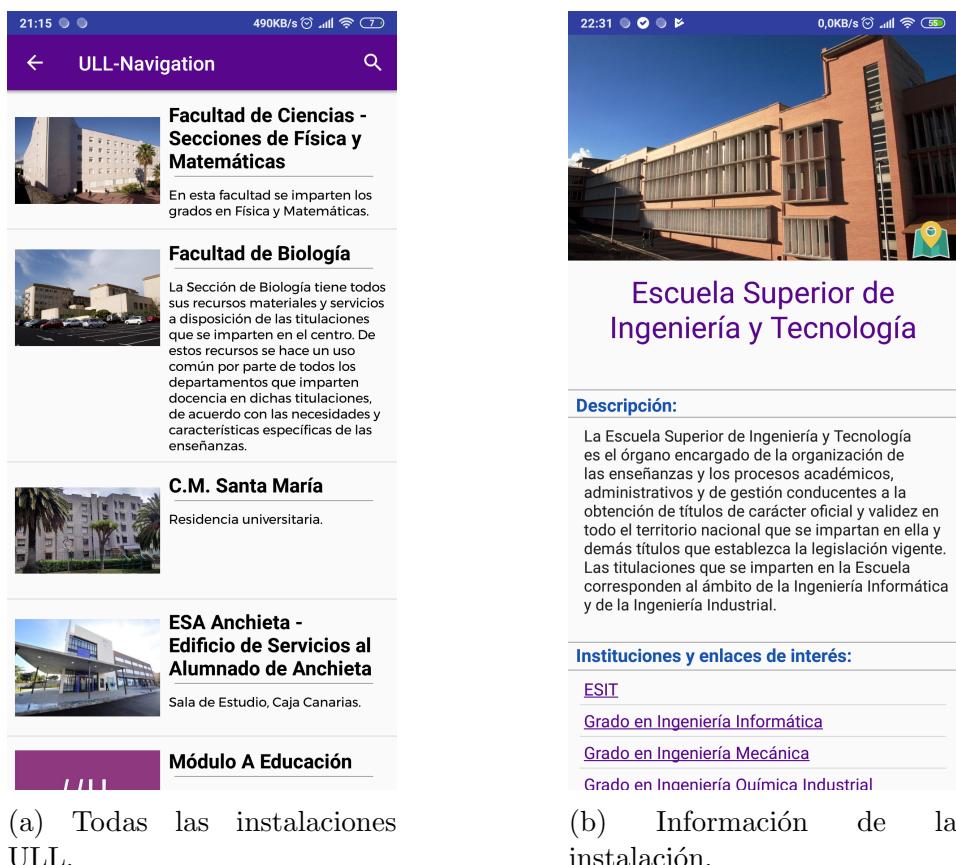


Figura 4.4: Ventanas de *Todas las instalaciones ULL* e *Información de la instalación de ULL-AR*.

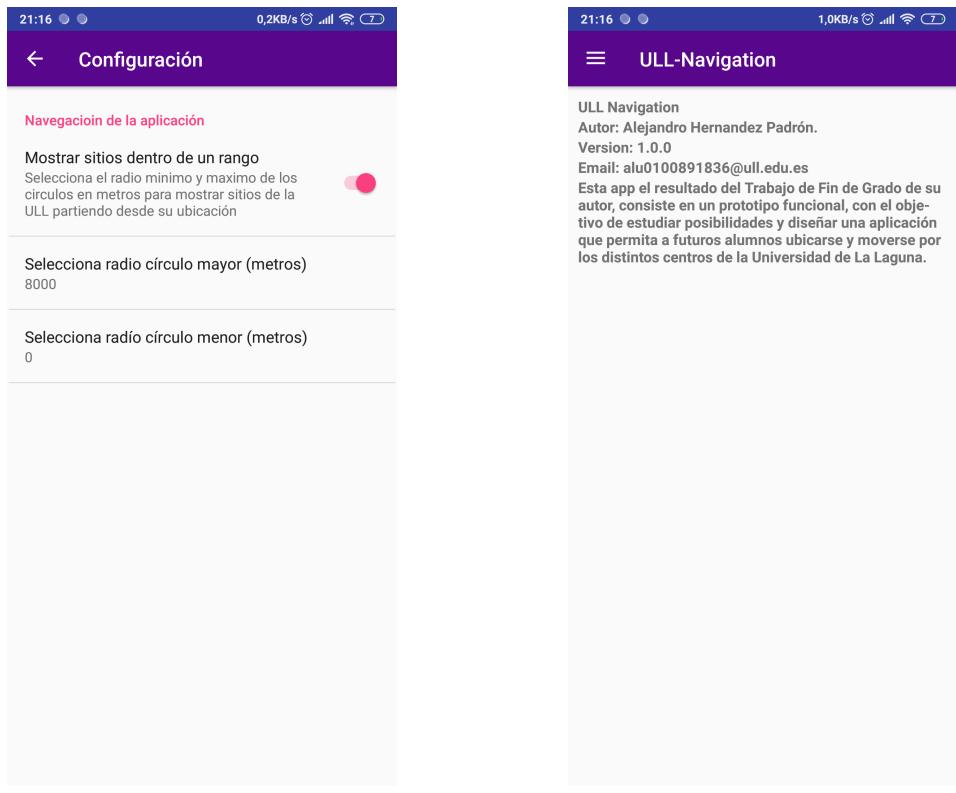
En la ventana de *Configuración* (véase Figura 4.5a) van los ajustes de la aplicación. En ella tenemos la opción para poder configurar si queremos encontrar las instalaciones que se encuentran en el área entre dos circunferencias.

La ventana *Info* (véase Figura 4.5b) nos muestra información básica de la aplicación como el nombre, versión, correo de contacto, autor y objetivo e información del desarrollo de la aplicación *ULL-AR*.

4.2. Inicio de la aplicación

Para comenzar a desarrollar nuestra aplicación, creamos un proyecto nuevo en Android Studio, lo nombramos con el nombre de nuestra aplicación “ULL-AR” seguiremos los pasos del IDE para acabar de crear nuestro proyecto.

Con nuestro proyecto creado, a continuación, explicaremos el funcionamiento



(a) Configuración.

(b) Información.

Figura 4.5: Ventanas de *Configuración* e *Info* de *ULL-AR*.

e implementación de las primeras ventanas que encontramos cuando iniciamos la aplicación.

4.2.1. Ventana inicial

La primera ventana (véase Figura 4.1a que aparece en la aplicación es la *Splash Screen*. El objetivo es dar una mejor apariencia a la aplicación y mostrar al usuarios que la aplicación se esta inciendo y cargando.

En esta ventana encontraremos el logotipo de la aplicación en el centro de la pantalla. Este logo se ha diseñado por medio del editor de imágenes online Pixlr [32]. Gracias a este programa hemos podido crear un logotipo simple combinando el icono de la marca de la ULL y el nombre de la aplicación *ULL-AR*.

En un principio la velocidad de carga y transición la siguiente ventana de aplicación se hacia de forma inmediata. Esto se produce por que los recursos necesarios para el inicio de la aplicación son escasos y no tardan en cargarse. Por lo tanto para poder visualizarla correctamente se utilizo un temporizador de tres

segundos, para que posteriormente se lance la siguiente ventana, que corresponde a la ventana de *Login*.

Para la implementación de esta ventana hemos indicado en el archivo *AndroidManifest.xml* (Este fichero proporciona información esencial sobre tu aplicación al sistema Android, información que el sistema debe tener para poder ejecutar el código de la app) la ventana o “activity” [33] que inicia la aplicación (véase Listado 4.1). En esta ventana se le indica el tema del activity que contendrá el logotipo de la aplicación en el centro de la pantalla.

```

1 ...
2 <activity
3     android:name=".Activities.SplashActivity"
4     android:theme="@style/SplashScreen">
5     <intent-filter>
6         <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
7         <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
8     </intent-filter>
9 </activity>
10 ...

```

Listado 4.1: Fichero *AndroidManifest.xml*, activity que inicia la aplicación

Al mismo tiempo en el archivo *styles.xml* (véase Listado 4.2) indicamos el archivo *splash_ull.xml* (véase Listado 4.3) que se encargara de colocar el color del fondo y el logotipo de la aplicación.

```

1 ...
2 <style name="SplashScreen" parent="Theme.AppCompat.NoActionBar">
3     <item name="android:windowBackground">@drawable/splash_ull</item>
4 </style>
5 ...

```

Listado 4.2: Fichero *styles.xml*, estilo de la *Splash Screen*

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <layer-list xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android">
3     <item android:drawable="@color/colorULL"/>
4     <item>
5         <bitmap
6             android:src="@drawable/splash_icon"
7             android:gravity="center"
8             />
9     </item>
10 </layer-list>

```

Listado 4.3: Fichero *splash_ull.xml*, xml con el color de fondo y el logotipo de la aplicación

4.2.2. Ventana de *Login*

Esta es la ventana que nos permitira loguearnos con nuestro correo institucional de la ULL (véase Figura 4.1b). Para ello, dado que la cuentas de la ULL son cuentas de Google, se ha utilizado la API de Google para poder entrar con nuestro correo universitario de forma sencilla y segura.

Requisitos

Para poder integrar la API de Google necesitaremos integrar los “Servicios de Google” en nuestrar aplicación. Para ello hay que entrar en la consola de Firebase [34] y crear un proyecto con el nombre de nuestra aplicación. Una vez dentro de nuestro proyecto, tenemos que indicar que queremos integrar Firebase a un aplicación Android. Posteriormente se nos pedirá el nombre del paquete de nuestra aplicación y la clave “SHA1”. Para obtener esta clave tenemos que ejecutar en la consola de Android Studio el siguiente comando:

```
1 $ keytool -list -v -alias androiddebugkey -keystore ~/.android/debug.keystore
```

Listado 4.4: Comando que obtiene la clave SHA1

Con el nombre del paquete y la clave SHA1, se nos descargará un fichero con la configuración de los Servicios de Google llamado *google-services.json*. Este fichero hay que colocarlo en la carpeta *app/* de nuestro proyecto.

Por ultimo para poder utilizar los Servicios de Google en la aplicación, tenemos que añadir una linea de configuración al fichero *build.gradle* del proyecto en las dependencias (véase Listado 4.5) y añadir dos lineas al fichero *build.gradle* de la aplicación (véase Listado 4.6).

```
1 ...
2 buildscript{
3     dependencies {
4         //Dependencias de los Servicios de Google
5         classpath 'com.google.gms:google-services:4.0.0'
6     }
7 }
8 ...
```

Listado 4.5: Fichero *build.gradle* del proyecto, dependencias para utilizar los Servicios de Google.

```
1 ...
2 dependencies {
3     //Dependencia necesaria para poder loguearnos con una cuenta de Google
4     implementation 'com.google.android.gms:play-services-auth:15.0.1'
5 }
6 //Plugin de los Servicios de Google
7 apply plugin: 'com.google.gms.google-services'
```

Listado 4.6: Fichero *build.gradle* de la aplicación, dependencias y plugin para utilizar los Servicios de Google

Implementación

Con todos los requisitos y dependencias ya configuradas en nuestra aplicación, empezaremos a implementar nuestra ventana. Creamos un nuevo activity y lo llamaremos *LoginActivityULL*. Esto nos generará un fichero *LoginActivityULL.java* que tendrá asociado fichero *login_ull_activity.xml* con un layout [35]. Este layout será la vista del activity, con el logotipo de la aplicación y un botón para realizar el login con Google. En el fichero Java se encargará de conectarse con los Servicios de Google para que nos podamos loguear con una cuenta de correo de la ULL.

```

1 //API de Google
2 private GoogleApiClient googleApiClient;
3
4 protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
5     ...
6     //Opciones del login que deseamos realizar
7     GoogleSignInOptions gso = new GoogleSignInOptions.Builder(GoogleSignInOptions.
8         DEFAULT_SIGN_IN).requestEmail().build();
9     //Creamos una instancia de la API de google con nuestras opciones
10    googleApiClient = new GoogleApiClient.Builder(this).enableAutoManage(this, this
11        .addApi(Auth.GOOGLE_SIGN_IN_API, gso).build();
12 }
13
14 public void onClick(View v) {
15     if (v.getId() == loginButton.getId()) { //Si pulsamos loginButton
16         //Creamos y lanzamos el intent de Google que permite loguearse
17         Intent intent = Auth.GoogleSignInApi.getSignInIntent(googleApiClient);
18         startActivityForResult(intent, 777);
19     }
20
21     //Metodo que obtiene el resultado del login
22     protected void onActivityResult(int requestCode, int resultCode, Intent data) {
23         if(requestCode == 777){
24             GoogleSignInResult result = Auth.GoogleSignInApi.getSignInResultFromIntent(data);
25             handleSingInResult(result); //Manejamos el resultado del login
26         }
27     }
28
29     //Metodo que comprueba si ha sido correcto el login con Google
30     private void handleSingInResult(GoogleSignInResult result){
31         if(result.isSuccess()== true){ //Exito en el login con Google
32             String userEmail = result.getSignInAccount().getEmail(); //Correo de la cuenta
33             //Comprobamos si se ha utilizado un cuenta de correo de la ULL
34             if(userEmail.matches("(.*@ull.edu.es") ) {
35                 Intent intent = new Intent(this, MainActivity.class);
36                 ... //Exito a loguearnos, ejecutamos la ventana principal de la aplicacion
37                 startActivity(intent);
38             }else{ logoutNotULLAccont(); } //No es un correo universitario
39             }else{ ... } //Fallo al conectar con Google
40         }
41
42     //Metodo que realiza el logout de la cuenta cuando la cuenta no pertenece a la ULL
43     private void logoutNotULLAccont(){
44         Auth.GoogleSignInApi.signOut(googleApiClient).setResultCallback(new ResultCallback<Status
45             >(){
46                 ... //Mensaje que indica que el correo no es valido y el tipo de correo
47                 necesario "aluxxxxxxxxxx@ull.edu.es"
48             }
49         );
50     }
51 }
```

```

45     }
46   });
47 }
```

Listado 4.7: Fichero *LoginActivityULL.java*. Código que se encarga de realizar el login del usuario.

En el Listado 4.7 tenemos todos los métodos y conexiones de la API de Google para poder loguearnos. Cuando se presione el botón “Autentícate con tu cuenta de la Universidad” se abrirá un cuadro de dialogo de la API de Google que nos permitirá seleccionar la cuenta con la que deseemos entrar en la aplicación. En caso de que la cuenta no pertenezca a la ULL, es decir, una cuenta que no tenga el formato del dominio de las cuentas de correo de la ULL terminadas en “@ull.edu.es”, se hará un “logout” de la cuenta errónea y se mostrará un mensaje con el tipo de cuenta necesaria para utilizar la aplicación.

4.3. Modo de Realidad Aumentada

La técnica de realidad aumentada que se ha implementado en la aplicación, es la de realidad aumentada basada en geolocalización. Es decir, a partir de la ubicación y la orientación del dispositivo, mostramos la información correspondiente de la aplicación superpuesta a la visión de la cámara. Con la orientación, nuestra ubicación y las ubicaciones de las instalaciones de la ULL, podremos hacer los cálculos para identificar a la instalación a la que apuntamos con la cámara del dispositivo.

El fichero *ARNavigation.java* será el activity principal encargado de: la recogida de los datos de los sensores, conexión con el servidor de la aplicación, manejo de los objetos requeridos para la identificación de las instalaciones y de la visualización de la técnica de realidad aumentada implementada.

4.3.1. Acceso a los sensores

Por lo tanto, para implementarla en android vamos que tener acceso a los sensores del dispositivo móvil, como son: el GPS, acelerómetro y magnetómetro.

Para obtener acceso al GPS, vamos a tener que añadir el nuestro *AndroidManifest.xml* los permisos que necesarios para utilizarlo (véase Listado 4.8) y, a su vez, preguntar al usuario si nos da permiso para utilizarlo (véase Listado 4.9).

```

1 <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_COARSE_LOCATION" />
2 <uses-feature android:name="android.permission.LOCATION_HARDWARE" />
3 <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION" />
```

Listado 4.8: Fichero *AndroidManifest.xml* del proyecto, permisos para acceder a la ubicación del dispositivo.

```

1 if (ContextCompat.checkSelfPermission(this, Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION)
2     != PackageManager.PERMISSION_GRANTED) {
3     requestPermissions(new String[]{Manifest.permission.ACCESS_FINE_LOCATION},
4                         MY_PERMISSIONS_REQUEST_LOCATION);
5 }
```

Listado 4.9: Código para que el usuario nos conceda permiso para acceder a la ubicacion del dispositivo.

Con los permisos concedidos, nos bastará con el código mostrado en el Listado 4.10 para empezar a requerir los datos del GPS.

```

1 locationManager = (LocationManager) getSystemService(Context.LOCATION_SERVICE);
2 locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.GPS_PROVIDER, 3000, 5, this);
3 locationManager.requestLocationUpdates(LocationManager.NETWORK_PROVIDER, 3000, 5, this);
```

Listado 4.10: Código para activar el GPS del dispositivo.

Para acceder a la ultima coordenada registrada por el GPS y así poder ubicar al usuario en el mundo utilizaremos la siguiente linea código:

```
1 currentLocation = locationManager.getLastKnownLocation(LocationManager.GPS_PROVIDER);
```

Listado 4.11: Código para acceder a la última ubicación registrada del GPS.

Ahora que tenemos todo lo necesario para poder utilizar el GPS del dispositivo, necesitamos conocer la orientación del dispositivo. Para ello hacemos uso de la matriz de rotación que Android calcula a partir del acelerómetro y el magnetómetro. Con esta matriz calcularemos el valor de la brújula magnética del dispositivo, este valor será el que utilizaremos para identificar hacia donde está orientado el dispositivo en el mundo.

```

1 //Accedemos a los sensores del dispositivo
2 mSensorManager = (SensorManager) getSystemService(Context.SENSOR_SERVICE);
3 //Accedemos al calculo de la matriz de rotacion que nos proporciona el valor de la brujula
4 //magnetica del dispositivo
5 Sensor compass = mSensorManager.getDefaultSensor(Sensor.TYPE_ORIENTATION);
6 //Escuchamos a los cambios del sensor
7 mSensorManager.registerListener(this, compass, SensorManager.SENSOR_DELAY_NORMAL);
```

Listado 4.12: Código para acceder a la última ubicación registrada del GPS.

Para reconocer la instalaciones que tenemos en frente, escucharemos los cambios del nuestra brújula o “compass” para actualizar la nueva orientación y realizar los cálculos que nos permiten identificar las instalaciones, que explicaremos a continuación.

Un dispositivo Android dispone de 3 ejes: x, y, z. Estos ejes se disponen como en la Figura 4.6. La variable “compass” esta formada por un array de tres valores. El primero es denominado acimut y se refiere al ángulo de la orientación sobre la superficie de una esfera. Este valor representa el angulo entre el eje “y” del dispositivo y el norte magnético en grados. Cuando miramos el norte el valor del

ángulo es 0, al sur es 180° , al este es 90° y al oeste 270° . Para poder trabajar con estos valores lo convertiremos a radianes. El rango de valores es desde 0 a 2π

```

1 //Escuchamos los cambios en el sensor y hacemos los calculos
2 public void onSensorChanged(SensorEvent event) {
3     //Valor del sensor en grados
4     double radians = event.values[0];
5     //Convertimos en radianes
6     radians = Math.toRadians(radians);
7     //Obtenemos la ultima posicion registrada del GPS
8     LatLng lastPosition = getCurrentPos();
9     if (auxpos != null) { //Si la posicion no es nula
10         //Le preguntamos a objeto de la clase "Navigation" las instalaciones que se
11         //encuentran
12         //en esa direccion
13         allResultsSites = navULL.whatCanSee(lastPosition, radians);
14     }
15     //Si obtenemos al menos un resultado
16     if (allResultsSites != null) {
17         //Obtenemos la instalacion mas cercana, el indice 0 corresponde a la mas cercana
18         nearSiteResult = allResultsSites.get(0);
19         ... //Mostramos su informacion por pantalla para que usuario sepa que la instalacion
20         //que se encuentra apuntando
21         if(allResultsSites.size() > 2) {
22             ... //Si obtenemos mas de una instalacion mostramos al usuario el boton
23             //que indica el numero de instalaciones que se encuentran en la misma
24             //direccion
25         }
26     } else { ... }
}

```

Listado 4.13: Código que se ejecuta cada vez que se registra un cambio en el sensor que calcula la orientacion.

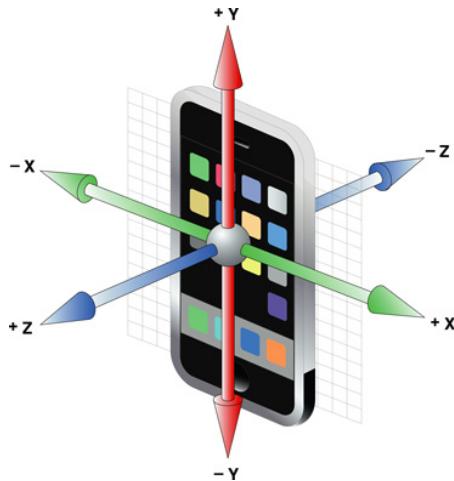


Figura 4.6: Disposición de los ejes de un dispositivo Android.

4.3.2. Modelos encargados de la navegación

ULLSite.java

Cada instalacion de ULL se obtiene de una base de datos en formato JSON. Una instalacion tiene una clase asociada que contiene toda su informacion y los atributos y funciones necesarias para poder trabajar con ella (véase Listado 4.14). Esta clase se construira a partir objeto JSON de cada instalación con el formato de la Figura 4.7.

```

1 public class ULLSite implements Serializable {
2
3     private String id; //ID de la instalacion
4     private String name; //Nombre
5     private LatLng mapPoint; //Localizacion geografica
6     private Vector2D point; //Vector2D de la localizacion
7
8     private String desc; //descripcion de la instalacion
9     private String imageLink; //imagen
10    //Enlaces de interes a las instituciones, grados, etc.
11    private ArrayList<String> interestPoints;
12    private ArrayList<String> interestPointsLink;
13
14    //Variables necesarias para identificar la direccion de la instalacion
15    //La direccion en la que se encuentra, la distancia y el valor del cono
16    private double coneValue = 0;
17    private double distToSite = -1;
18    private double dirToSite = -1;
19
20    public ULLSite(JSONObject object){
21        ... //Construimos el objeto con los atributos que se encuentran en el objeto JSON de la
22        //instalacion.
23    }
24    ... //Metodos set() y get() de las variables
}

```

Listado 4.14: Fichero *BaseActivity.java*. Código que se encarga de configurar la vista del Navigation Drawer.

En la clase ULLSite.java encontramos sus atributos con la informacion general. Los tres últimos atributos declarados son: “coneValue”, “distToSite” y “dirToSite”. Estos nos permitirán junto con el objeto “Vector2D”, que contiene la ubicacion en un plano coordenadas de dos dimensiones (“x” e “y”), realizar los cálculos para identificar si nos encontramos en frente de esa instalación o no. La variable “coneValue” será un cono formado por la ubicación del dispositivo y la dirección en la que se encuentra la instalación. Este cono determinará el rango a partir del cual se considerará que el dispositivo esta apuntando a la instalación. En la Figura 4.8 se explica la utilidad de estas variables.

```

1  {
2    "_id": {
3      "$oid": "5b5a004efb6fc07c4c24a5aa"
4    },
5    "id": "esit",
6    "name": "Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología",
7    "position": {
8      "lat": "28.482965",
9      "long": "-16.322003"
10   },
11   "desc": "La Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología es el órgano encargado de la organización de las enseñanzas y los procesos académicos, administrativos y de gestión conducentes a la obtención de títulos de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional que se imparten en ella y demás títulos que establezca la legislación vigente.",
12   "imageLink": "https://www.ull.es/donde/assets/img/facultades/esit.jpg",
13   "canFind": [
14     {
15       "id": "ESIT",
16       "link": "https://www.ull.es/centros/escuela-superior-de-ingeneria-y-tecnologia/"
17     },
18     {
19       "id": "Grado en Ingeniería Informática",
20       "link": "https://www.ull.es/estudios-docencia/grados/ingenieria-informatica"
21     }
22   ]
23 }

```

Figura 4.7: Ejemplo de una instalación de la ULL en la base de datos.

Navigation.java

La clase “Navigation” es la encargada de realizar todos los cálculos para reconocer las instalaciones. A partir de los datos obtenidos de los sensores y de las ubicaciones de las instalaciones permite identificar el centro más cercano que se encuentra en la dirección del dispositivo y también el resto de centros en esta misma dirección. En el Listado 4.15 podemos ver las variables y métodos de la clase.

```

1 public class Navigation implements Serializable {
2
3   private static double PI = Math.PI; //Valor de PI
4   //Distancia en metros a partir en la que una instalacion se considera con "cercana"
5   private static final double NEAR_VALUE = 150;
6   //Cuando la distancia de una instalacion sea cercana se utilizaran los valores
7   // *_NEAR para los calculos en caso contrario se utilizaran *_FAR
8   private static final double MAX_CONE_GRADS_NEAR = Math.PI / 2; //Maximo valor del cono
9   private static final double MAX_CONE_GRADS_FAR = Math.PI / 8; //Maximo valor del cono
10  private static final double MIN_CONE_GRADS = Math.PI / 20; //Minimo valor del cono
11  //Las variable SCALE_CONE son valores con los que al escalar el tamano de los conos la
12  //aplicacion reconocia las instalaciones de forma precisa
13  private static final double SCALE_CONE_NEAR = 0.0078; //Variable que escala el cono
14  private static final double SCALE_CONE_FAR = 0.00078; //Variable que escala el cono
15  private Location location;
16  //Distancia maxima por defecto para considerar una instalacion en metros
17  private double maxDist = 200;
18  //Distancia minima por defecto para considerar una instalacion en metros
19  private double minDist = 0;
20  private Vector2D currentPos; //Posicion actual del dispositivo
21  private double currentDir; //Direccion actual del dispositivo
22  private ArrayList<ULLSite> allSites = new ArrayList<>(); //Todas las instalaciones
23  //Instalaciones que se encuentran dentro del rango de maxDist y minDist

```

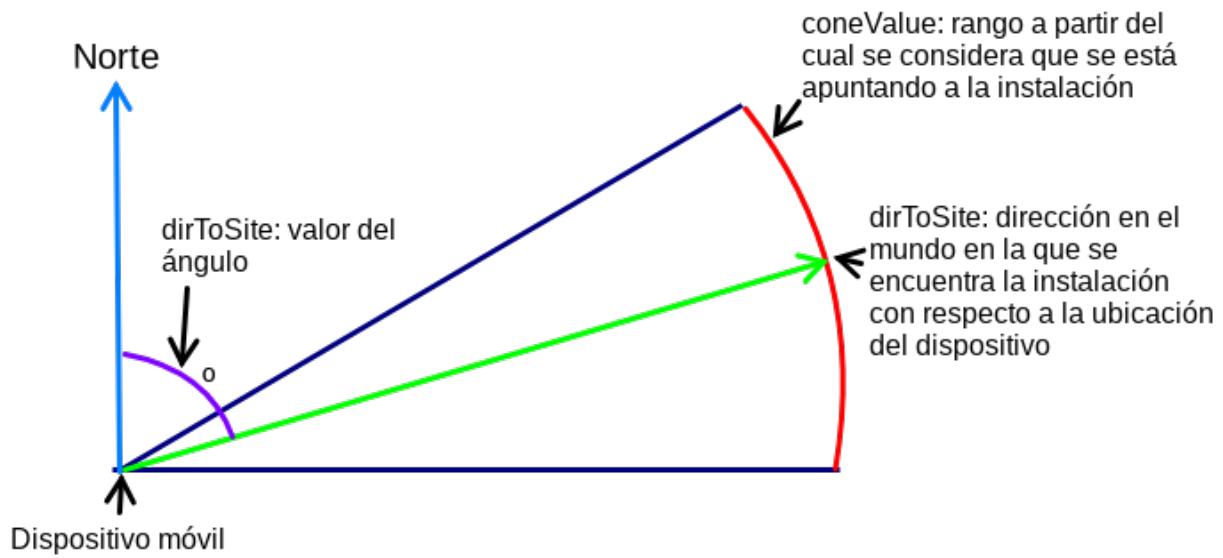


Figura 4.8: Explicación de las variables “coneValue” y “dirToSite”.

```

24     private ArrayList<ULLSite> destSites = new ArrayList<>();
25
26     //Construimos el array de allSites con todas las instalaciones a partir de un JSON
27     public Navigation(JSONArray jsonULLSitesAux) {
28         ...
29     }
30     //Realizamos los calculos que nos permiten indentificar las instalaciones
31     public ArrayList<ULLSite> whatCanSee(LatLng currentPosAux, double actualDir) {
32         ...
33     }
34     //Calcula la distancia entre dos ubicaciones geograficas
35     public double getDistanceBetween(Vector2D v1, Vector2D v2) {
36         ...
37     }
38     //Comprobamos si la direccion del dispositivo se encuentra dentro de su cono de
39     //identificacion
40     private boolean isInCone(double directionToSite, double coneValue) {
41         ...
42     }
43     //Sirve para reorientar a nuestro norte magnetico el angulo dado por el
44     //Vector2D.getAngleRad(Vector2D v)
45     private double recalculeAngVector2D(double angleRad) {
46         ...
47     }
48     //Invertimos el angulo
49     public double invertAng(double rad) {
50         ...
51     }
52     //Rotamos -90 el angulo
53     public double rotateRad(double rad) {
54         ...
55     }
56     //Calculamos el valor del cono
57     public double calculateCone(double dist) {

```

```

58     ...
59 }
60 ... //Metodos set() y get() de las variables
61 }
```

Listado 4.15: Fichero *Navigation.java*. Clase “Navigation” que contiene las variables y métodos para los cálculos de las instalaciones.

A continuación expondremos el funcionamiento de los métodos mas importantes de esta clase:

```

1 public double calculateCone(double dist) {
2     //Si es una instalacion "cercana" del dispositivo
3     if (dist <= NEAR_VALUE){
4         //Calculamos el valor del coneValue restandole al valor maximo las distancia a la
5         //instalacion por la constante SCALE_CONE_NEAR que permite que esta se escale
6         //gradualmente.
7         return MAX_CONE_GRADS_NEAR - dist * SCALE_CONE_NEAR;
8     }else { //Si es "lejana"
9         //Calculamos el valor del coneValue restandole al valor maximo las distancia a la
10        //instalacion por la constante SCALE_CONE_FAR que permite que esta se escale
11        //gradualmente en instalaciones lejanas.
12        double auxCone = MAX_CONE_GRADS_FAR - dist * SCALE_CONE_FAR;
13        if (auxCone < MIN_CONE_GRADS) {
14            return MIN_CONE_GRADS;
15        } else {
16            return auxCone;
17        }
18    }
19 }
```

Listado 4.16: Código para calcular el *coneValue* de identificación de cada instalación.

En Listado 4.16 encontramos el método que calcula el tamaño del *coneValue* de una instalación, este vendrá dado en función si lo consideramos una instalación “cercano” o “lejano” de la ubicación del dispositivo, ya que más adelante en la sección de Configuración ?? veremos la distancia máxima y mínima a la que podemos identificar las instalaciones. Necesitamos calcular el valor del *coneValue* de modo que cuanto mas cerca nos encontremos de una instalación, mayor sea el rango con el que poder decidir si estamos delante de ella o no y, por el contrario, que este valor sea menor cuando nos estemos lejos de la instalación.

```

1 //Metodo principal que se encarga identificar las instalaciones en frente del dispositivo
2 //Recibe la posicion y orientacion actual del dispositivo
3 //Devuelve la lista de instalaciones en esa direccion indicando cual es la mas cercana
4 public ArrayList<ULLSite> whatCanSee(LatLng currentPosAux, double actualDir) {
5     currentPos.set(actualPos.longitude, actualPos.latitude); //Posicion actual del dispositivo
6     currentDir = actualDir; //Orientacion del dispositivo
7     int id = -1; //indice de la instalacion mas cercana en frente del dispositivo
8     double nearSiteDist = maxDist; //distancia maxima valida para identificar un instalacion
9     //Array a devolver con las instalaciones encontradas
10    ArrayList<ULLSite> result = new ArrayList<>();
11    //Calculamos todos los sitios que se encuentran entre maxDist y minDist
12    for (int i = 0; i < allSites.size(); i++) {
13        double distToSite = getDistanceBetween(currentPos, allSites.get(i).getPoint());
```

```

14     if ((distToSite < maxDist) && (distToSite > minDist)) {
15         destSites.add(allSites.get(i));
16     }
17 }
18 //Para cada los sitio dentro del rango anterior
19 for (int i = 0; i < destSites.size(); i++) {
20     //Calculamos la direccion, distancia y valor del cono de cada instalacion a partir
21     //de la actual ubicacion del dispositivo
22     double dirToSite = recalculeAng(currentPos.getAngleRad(destSites.get(i).getPoint()));
23     double distToSite = getDistanceBetween(currentPos, destSites.get(i).getPoint());
24     double coneValue = calculateCone(distToSite);
25     //Comprobamos si el dispositivo esta orientado hacia dentro del cono que se forma en
26     //la direccion de la instalacion
27     if (isInCone(dirToSite, coneValue)) {
28         //Guardamos los valores calculados anteriormente en el objeto ULLSite del array
29         destSites.get(i).setConeValue(coneValue);
30         destSites.get(i).setDirToSite(dirToSite);
31         destSites.get(i).setDistToSite(distToSite);
32         result.add(destSites.get(i)); //Guardamos este sitio como resultado
33         if (nearSiteDist > distToSite) { //Comprobamos si es el sitio mas cercano
34             nearSiteDist = distToSite; //Si lo es, actualizamos la distancia mas cercana
35             id = i; //Guardamos el indice de la instalacion mas cercana
36         }
37     }
38 }
39 if (id != -1) { //Si hemos encontrado alguna instalacion
40     result.add(0, destSites.get(id)); //La instalacion mas cercana la guardamos la primera
41     return result; //Devolvemos las instalaciones
42 } else
43     return null; //Si no encontramos ninguna instalacion
44 }
```

Listado 4.17: Metodo principal que realiza el cálculo que permite reconocer las instalaciones en frente al dispositivo móvil.

El método “whatCanSee” 4.16 es el función principal que se encarga, partiendo de los datos de ubicación y dirección del dispositivo, de indentificar que instalaciones se encuentran en frente del dispositivo y cual es la más cercana. Para ello. en un primer paso, calculamos las instalaciones que se encuentran a una distancia menor que “maxDist” y mayor que “minDist” en metros, para reducir la búsqueda de las instalaciones la rango generado por esos dos valores. A continuación, para cada instalación anterior calculamos su dirección, posición y el valor del cono, con respecto a la ubicación del dispositivo. Si la instalacion se encuentra orientado dentro del cono que se forma en la dirección de la instalación.

El cálculo del ángulo formado pos dos puntos geográficos lo realizamos con el método “Vector2D.getAngleRad(Vector2D v2)” (véase Listado ??). A este cálculo hay que aplicarles unas transformaciones del ángulo obtenido para que se ajuste a la orientacion del norte magnético como el inicio de la rotación (norte magnético = 0°), para ello el método “Navigation.recalculeAng(double angleRad)” se encarga de la correcta reorientación.

```

1 public double getAngleRad(Vector2D v2) {
2     double dx = v2.getX() - getX(); //Caculamos las distancias en eje x e y
3     double dy = v2.getY() - getY();
```

```

4     double radian = Math.atan2(dy, dx); //Relizamos la arcotangente para calcular el angulo
5     return radian; //Devolvemos el resultado
6 }
```

Listado 4.18: Método que calcula el ángulo formado por dos puntos.

```

1     double aux = rotateRad(angleRad); //Rota -pi/2
2     aux = invertAng(aux);           //Inviertimos el angulo
3     return aux;                   //Devolvemos el resultado
4 }
```

Listado 4.19: Método que recalcula en ángulo para orientarlo al norte magnética.

4.3.3. Obtención de la información

Como hemos comentado anteriormente, toda la información perteneciente a las instalaciones del Universidad de La Laguna estarán en una base de datos, además, para comunicarnos con esta dispondremos de un servidor que antienda a las peticiones de la aplicación y se conecte y nos envíe estos datos. Más adelante, en el capítulo 5, explicaremos detalladamente como funciona esta base de datos y servidor. Por ahora nos centraremos en explicar como realizamos la conexión con el servidor y el tipo de respuesta que obtenemos.

Para poder realizar una petición al servidor utilizaremos la clase “GetData” (véase Listado 4.20). Que formaliza la petición con la url que le pasemos como parámetro la función “doInBackground” y nos devuelve un string con la respuesta del servidor.

```

1 public class GetData extends AsyncTask<String, Void, String> {
2     protected String doInBackground(String... strings) {
3         StringBuilder result= new StringBuilder(); //Resultado a devolver de la peticion
4         try {
5             URL url = new URL(strings[0]); //url a la que realizamos la peticion
6             HttpURLConnection urlConnection = (HttpURLConnection) url.openConnection();
7             urlConnection.setConnectTimeout(10000); //Tiempo de espera maximo del conexion
8             urlConnection.setRequestMethod("GET"); //Metodo de la conexion
9             urlConnection.setRequestProperty("Content-Type", "application/json"); //Contenido
10            urlConnection.connect();           //Realizamos la conexion
11
12            InputStream inputStream = urlConnection.getInputStream(); //Cuando recibamos la
13                respuesta
14            BufferedReader buffereReader = new BufferedReader(new InputStreamReader(inputStream));
15            String line;
16            while((line = buffereReader.readLine()) != null){ //Leemos el buffer con la respuesta
17                result.append(line).append("\n");           //Lo guardamos en un string
18            }
19            return result.toString();                  //Devolvemos el string
20        }catch (IOException e){ ... }
21        return "Error"; //Si falla la conexion
22    }
};
```

Listado 4.20: Fichero *GetData.java*, Código encargado de la conexión con el servidor y manejar la respuesta.

En el Listado 4.21 encontramos el método ejecutado en fichero *ARNavigation.java* para realizar la conexión al servidor para obtener la respuesta de la base de datos con todas las instalaciones de ULL. Para posteriormente crear una instancia de la clase “Navigation” con todas las instalaciones de la base de datos en formato JSON. Este objeto lo denominaremos con el nombre de “navULL” y será el objeto encargado de identificar las instalaciones y trabajar con ellas.

```

1  private void getSitesFromDB() {
2      try{
3          GetData getSites = new GetData();
4          String sites = getSites.execute("https://server-ull-ar.herokuapp.com/api/ull-sites").get();
5          JSONArray array = new JSONArray(sites);
6          //Creamos una instancia de la clase "Navigation" con todas las instalaciones
7          //Este es el objeto encargado de encontrar las instalaciones
8          navULL = new Navigation(array);
9      } catch (JSONException e) {...}
10 }

```

Listado 4.21: Método que conecta con el servidor y recibe la respuesta con todas las instalaciones de la base de datos.

Los últimos datos que necesitamos para nuestro trabajar en el objeto “navULL” son los valores de “maxRadius” y “minRadius”, que podemos editar en la ventana de *Configuración* y que podemos acceder desde cualquier activity (véase Listado 4.22) gracias a las “Shared Preferences”. Las Shared Preferences son un conjunto de datos accesible desde cualquier clase de la aplicación y que se utiliza para guardar los ajustes del usuario.

```

1  private void getRadius() {
2      try {
3          //Obtenemos los valores configurables "maxRadius" y "minRadius" en la ventana de "
4          //Configuración"
5          settingsPref = PreferenceManager.getDefaultSharedPreferences(getApplicationContext());
6          String auxMaxRadius = settingsPref.getString("maxRadius", "null");
7          String auxMinRadius = settingsPref.getString("minRadius", "null");
8          navULL.setMaxDist(Integer.parseInt(auxMaxRadius)); //Guardamos el valor "maxRadius"
9          navULL.setMinDist(Integer.parseInt(auxMinRadius)); //Guardamos el valor "minRadius"
10     }catch (Exception e){ ... }
11 }

```

Listado 4.22: Ficher *ARNavigation.java*, Código que se encarga de guardar los valores de “maxDist” y “minDist” del objeto “navULL”

4.3.4. Visualización

Para la visualización de la técnica de realidad aumentada por geolocalización, se utiliza el activity “ARNavigation” como ventana que mostrará el contenido. Esta activity hereda de la clase “ARActivity” perteneciente al SDK de Kudan para Android Studio. Este SDK nos permite el reconocimiento de objetos e imágenes a través de la cámara del dispositivo y queda como recurso para una futura

ampliación de la funcionalidad de la aplicación. El uso principal de esta clase es el acceso que otorga a cámara del dispositivo como vista del activity. Es decir, nos permite visualizar en la ventana lo que esta observando la cámara.

Para poder hacer uso del SDK de Kudan tenemos que descargarnos el SDK y configurar la “ARAPIkey” específica para nuestro proyecto. Ambos los podemos encontrar en la página oficial de Kudan [36].

El que contiene el SDK descargado, llamado *KudaAR.aar*, tenemos que pegarlo en la carpeta */app/libs/* de nuestro proyecto. A continuación tenemos de añadir la siguiente linea de código a las dependencias del fichero *build.gradle* de la aplicación:

```
1 implementation(name: 'KudanAR', ext: 'aar')
```

La configuración de la clave de la API de Kudan se realizará con el código del Listado 4.23.

```
1 protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) { //Cuando se inicie el activity
2     ...
3     ARAPIKey key = ARAPIKey.getInstance();
4     key.setAPIKey("ARAPIKey..."); //ARAPIKey, clave generada por Kudan para el proyecto
5 }
```

Listado 4.23: Fichero *ARNavigation.java*. Código para configurar la API de Kudan.

El fichero *aractivity.xml* (véase Listado 4.24) contiene el layout con la información a mostrar al usuario cuando esté delante de una instalación. Este layout muestra al usuariom en la parte superior de la ventana, el nombrre de instalación ante la que se encuentra y un botón que le permite ir a la ficha de información de la instalación. Además incorpora un botón en la parte inferior que le indica el número de instalacione adicionales que encuentran en la misma dirección. Al pulsar este botón se despliega una lista estas instalaciones.

```
1 <android.support.constraint.ConstraintLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/
  android"
2   tools:context="com.alehp.ull_navigation.Activities.ARNavigation"
3   ...>
4   <ImageView>
5     ...<!-- Imagenes de fondo de los TextView para facilitar su lectura --&gt;
6
7     <!-- Texto informativo de que se ha encontrado una instalacion --&gt;
8     &lt;TextView
9       android:id="@+id/seentext"
10      android:text="Viendo actualmente"
11      .../&gt;
12     &lt;!-- Nombre de la instalacion encontrada --&gt;
13     &lt;TextView
14       android:id="@+id/ullSiteText"
15       android:text="Facultad de Ciencias: Secciones de Fisica y Matematicas"
16       .../&gt;
17     &lt;!-- Texto por defecto cuando no se apunta a ninguna instalacion --&gt;
18     &lt;TextView
19       android:id="@+id/notSeenText"
20       android:text="Apunte a una instalacion de la universidad a identificar"</pre>

```

```

21    ..../>
22    <!-- Texto del boton que permite mostrar mas informacion de la instalacion viendo actualmente
23        -->
24    <TextView
25        android:id="@+id/moreInfoText"
26        android:text="Mas informacion"
27        .../>
28    <!-- Boton de mas informacion de la instalacion -->
29    <Button
30        android:id="@+id/moreInfoButton"
31        .../>
32    <!-- Boton que despliega la lista con el resto de instalaciones encontradas -->
33    <Button
34        android:id="@+id/moreSitesButton"
35        android:text="Encontradas X instalaciones mas en esta direccion"
36        .../>
37    </android.support.constraint.ConstraintLayout>

```

Listado 4.24: Fichero *aractivity.xml*. Layout del activity “ARNavigation”.

Los elementos del layout se mostrarán o ocultarán en función de si nos encontramos en frente de una instalación o no, como podemos ver en el Listado 4.13, se muestra cuando se alterna la información del layout.

Por último tenemos que configurar el funcionamiento de los botones “moreInfoButton” y “moreSitesButton” (véase Listado 4.25), que mostrarán una ventana con la ficha de información de la instalación (véase Figura 4.7) y una ventana con una lista que contiene las instalaciones que también se encuentran la dirección a la que estamos orientados.

```

1  public void onClick(View v) {
2      if(v.getId() == moreSitesButton.getId()){ //Si coincide
3          //Nos preparamos iniciar el activity que muestra la lista de los sitios adicionales
4          Intent intent = new Intent(this, SitesListActivity.class);
5          ArrayList aux = new ArrayList(moreResultsSites.subList(1, moreResultsSites.size()-1));
6          SitesArray sitesArray = new SitesArray(aux);
7          //Le pasamos la lista con los sitios a mostrar
8          intent.putExtra("sitesToShow", sitesArray);
9          startActivity(intent); //Iniciamos el activity
10     }
11     if(v.getId() == moreInfoButton.getId()){ //Si coincide
12         //Nos preparamos iniciar el activity que muestra la descripción de la instalación
13         Intent intent = new Intent(getApplicationContext(), SiteDescriptionActivity.class);
14         ULLSiteSerializable actualULLSite = new ULLSiteSerializable(nearSiteResult);
15         //Le pasamos como "extra" el objeto que contiene la información del sitio
16         intent.putExtra("actualULLSite", actualULLSite);
17         startActivity(intent); //Iniciamos el activity
18     }
19 }

```

Listado 4.25: Fichero *ARNavigation.java*. Código para manejar los eventos de los botones.

4.4. Fragmentos

Los fragmentos [37] actúan como una sección modular de un activity que tiene su ciclo de vida propio, es decir, recibe sus propios eventos de entrada y que puedes agregar o quitar mientras la actividad se esté ejecutando. Se han utilizado estos fragmentos para mostrar el contenido de ciertas ventanas de la aplicación. La principal ventaja que nos aportan los fragmentos, es la facilidad que se tiene para intercambiar fragmentos dentro de un mismo activity y la mejora de rendimiento que se obtiene con respecto a creación de un activity para cada ventana que queramos en nuestra aplicación.

4.4.1. MapsFragment

Este fragmento contiene el mapa generado por la API de Google Maps. Para poder utilizar esta API, desde la consola de desarrolladores de Google [38]. En ella tenemos que tener nuestro proyecto creado, para después habilitar la API de “Maps SDK for Android”. Una vez habilitada se nos otorgará una clave que tendremos que en el fichero *app/res/values/google_maps_api.xml* (véase Listado 4.26).

```

1 <resources>
2   <string name="google_maps_key" templateMergeStrategy="preserve" translatable="false">API_Maps<
3     /string>
</resources>
```

Listado 4.26: Fichero *google_maps_api.xml*.

A su vez, debemos añadir la siguiente linea a las dependencias de fichero *build.gradle* de la aplicación:

```
1 implementation 'com.google.android.gms:play-services-maps:15.0.1'
```

Con esto ya podremos utilizar la API de Google Maps en nuestra aplicación. Ahora nos toca configurar el nuestro fragmento de que contendrá la vista de Google Maps.

Crearemos un fragmento en Android Studio con el nombre de *MapsFragment*. Se nos generará un fichero llamado *MapsFragment.java* y un layout asociado, *fragment_maps.xml*.

La clase del fichero “MapsFragment” (véase Listado 4.27) se encargará de: obtener la ubicación, dibujar en el mapa los marcadores las instalaciones de ULL, la ubicación del dispositivo y, si se activa en los ajustes, las dos circunferencias, cuyo centro es la ubicación del dispositivo y que representarán un rango de búsqueda de las instalaciones. Este rango funcionará a modo de que solo aparezcan las instalaciones que se encuentran en el espacio entre las dos circunferencias. En esta clase se harán uso de los métodos que ya vimos para obtener la ubicación GPS, las instalaciones de la base de datos y los datos necesarios guardados en las Shared Preferences.

```

1  public class MapsFragment extends Fragment implements OnMapReadyCallback ...{
2      private MapView mapView; //Vista que contiene el mapa de Google Maps
3      private GoogleMap goMap; //API de google maps para modificar el mapa
4      ... //Resto de variables
5      private Button buttonARStart; //Boton que lanza el ARNavigation.class
6      private ArrayList<ULLSite> allSites= new ArrayList<ULLSite>(); //Todos las instalaciones
7      private ArrayList<Marker> allMarkers = new ArrayList<Marker>(); //Sus marcadores
8      private Circle circleMax; //Circulo mayor dibujado en el mapa
9      private Circle circleMin; //Circulo menor
10     private int maxRadius; //Radio del circulo mayor
11     private int minRadius; //Radio del circulo menor
12     private boolean showRadius; //Indicamos si dibujamos los circulos o no
13     //Metodo que se ejecuta cuando se lanza el fragment
14     public View onCreateView(LayoutInflater inflater, ViewGroup container ...) {
15         View rootView = inflater.inflate(R.layout.fragment_maps...); //Inflamos con el layout
16         getRadius(); //Obtenemos los radios de la settingsPref
17         getSitesFromDB(); //Obtenemos las instalaciones de la base de datos
18         return rootView; //Devolvemos la vista
19     }
20     //Metodo que se ejecuta cuando la vista ya esta creada
21     public void onViewCreated(View view, @Nullable Bundle savedInstanceState) {
22         mapView = (MapView) rootView.findViewById(R.id.mapView); //Buscamos el MapView del layout
23         ... //Configuramos el mapa y pedimos el mapa de Google Maps de nuestra zona
24     }
25     //Metodo que se ejecuta cuando el mapa de Google Maps ya este creado
26     public void onMapReady(GoogleMap googleMap) {
27         goMap = googleMap; //Guardamos el objeto que tiene el mapa
28         LatLng currentPos = getCurrentPos(); //Obtenemos la posicion GPS
29         actualPosMarker = goMap.addMarker(new MarkerOptions()); //Marcador en la posicion del GPS
30         drawAllSites(); //Dibujamos todas las instalaciones de la base de datos
31         showSitesOnRadius(getCurrentPos()); //Dibujamos los circulos circleMax y circleMin
32         ...
33     }
34     //Metodo que actualiza los dibujos de los mapas a la ubicacion actual cuando cambia
35     public void onLocationChanged(Location location) {
36         drawActualPos(); //dibujamos la posicion actual
37         LatLng position = getCurrentPos(); //Obtenemos la posicion del gps
38         redrawCircles(position); //Actualizamos los circulos
39         showSitesOnRadius(position); //Mostramos las instalaciones dentro del los circulos
40     }
41     //Metodo que muestra las ubicaciones entre "circleMax" y "circleMin"
42     private void showSitesOnRadius(LatLng position){
43         for (int i = 0; i < allSites.size(); i++) { //Para todas las instalaciones
44             ... //Calculamos la distancia entre la instalacion y la ubicacion GPS
45             if(distance > minRadius && distance < maxRadius){ //Si la instalacion esta dentro del
46                 range,
47                 allMarkers.get(i).setVisible(true); //mostramos su marcador
48             }else { ... } //Si no, lo ocultamos
49         }
50     }
51     private void getRadius() { ... } //Obtenemos maxRadius y minRadius de las SharedPrefences
52     private void getSitesFromDB() { ... } //Obtenemos las instalaciones de la BD
53     private LatLng getCurrentPos(){ ... } //Posicion actual del GPS
54     private void drawAllSites() { ... } //Creamos un marcador en el mapa para cada instalacion
55     private void redrawCircles(LatLng position) { ... } //Actualizamos los centros de los cirulos
56     .... //Resto de metodos necesarios
}

```

Listado 4.27: Fichero *MapsFragment.java*. Métodos principales.

El fichero *fragment_maps.xml* (véase Listado 4.28) contiene la vista del mapa de

Google Maps en el cual se dibujaran los marcadores y los circulos que hemos comentado. Además incorpora un botón con el nombre de “AR Mode” que lanzará la ventana que contiene el modo de realidad aumentada.

```

1 <FrameLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
2   tools:context=".Fragments.MapsFragment">
3   <!-- Vista del mapa de Google Maps -->
4   <com.google.android.gms.maps.MapView
5     android:id="@+id/mapView"
6     android:name="com.google.android.gms.maps.MapFragment"
7     ...>
8   </com.google.android.gms.maps.MapView>
9   <!-- Boton que lanza la ventana de realidad aumentada -->
10  <Button
11    android:id="@+id/buttonARStart"
12    android:text="AR Mode"
13    .../>
14  ...
15 ...
16 </FrameLayout>
```

Listado 4.28: Fichero *fragment_maps.xml*.

4.4.2. HomeFragment

El fragmento “HomeFragment” es la primera vista que encontramos cuando iniciamos con éxito la aplicación. Para el diseño se decidió por utilizar el modelo de “RecyclerView” [39]. Este modelo nos permite la visualización de listas de elementos o items de una forma más flexible, permitiendo configurar el contenido de cada elemento mediante el uso de adaptadores. Estos adaptadores permiten crear las vistas de los items de una lista a partir del contenido de cada uno de ellos. Además, gestiona los eventos cuando un item es seleccionado.

El contenido de cada item vendrá dada por la clase “ItemHome” (véase Listado 4.29). Los atributos de esta clase serán: una imagen, un nombre, una variable si indica si es o no un enlace externo del navegador y la url del enlace.

```

1 public class ItemHome {
2     private String name;      //Nombre
3     private String image;    //Ruta de la imagen
4     private boolean isWebLink; //Si es true es un enlace web externo
5     private String link;     //Ruta del enlace
6     //Constructor con los parametros
7     public ItemHome(String name, String image, boolean isWebLink, String link){
8         this.name = name;
9         ...
10    }
11    ... //Get() y Set() metodos de los atributos
12 }
```

Listado 4.29: Fichero *ItemHome.java*.

Con una lista de estos items, nuestro adaptador construirá el layout de cada uno de los items y luego se incorporarán a la vista de RecyclerView. La clase

encargada de este procedimiento se llamará “ItemHomeAdapter” y hereda del adaptador “RecyclerView.Adapter” (véase Fichero 4.30). Los atributos de esta clase son: una lista de los items, el layout con el diseño de cada item y un objeto “OnItemClickListener”, que manejará los eventos de cada item. Dentro de esta clase, tendremos una clase “ViewHolder” que hereda de “RecyclerView.ViewHolder” y se encargará de enlazar el contenido de cada item con su layout. El layout con la vista de cada item lo encontraremos en el fichero *adapter_item_home.xml* (véase Fichero 4.31). Este layout contendrá la imagen del item en la parte superior y el nombre inferior.

```

1  public class ItemHomeAdapter extends RecyclerView.Adapter<ItemHomeAdapter.ViewHolder> {
2      private List<ItemHome> items;
3      private int layout;
4      private OnItemClickListener itemClickListener;
5      public ItemHomeAdapter(List<ItemHome> items, int layout, OnItemClickListener listener){
6          ... //Asignamos a los atributos con sus respectivos valores
7      }
8      //El parametro @ViewGroup parent contendra la vista de todos los items
9      public ViewHolder onCreateViewHolder(@NonNull ViewGroup parent, int viewType) {
10         View v = LayoutInflater.from(parent.getContext()).inflate(layout, parent, false);
11         ViewHolder vh = new ViewHolder(v); //Objeto ViewHolder
12         return vh; //Devolvemos la vista
13     }
14     //Enlazamos cada item con su objeto ViewHolder
15     public void onBindViewHolder(@NonNull ViewHolder holder, int position) {
16         holder.bind(items.get(position), itemClickListener);
17     }
18     //Clase que hereda de RecyclerView.ViewHolder que sera la vista de cada item
19     public static class ViewHolder extends RecyclerView.ViewHolder {
20         public TextView itemName;
21         public ImageView itemImage;
22         ...
23         public ViewHolder(View itemView) { //Constructor con el layout
24             ... //Enlazamos los objetos con el layout
25             this.itemName= itemView.findViewById(R.id.textView_home_item);
26             this.itemImage = itemView.findViewById(R.id.imageView_home_item);
27         }
28         //Asignamos a cada vista el contenido de su item correspondiente
29         public void bind(final ItemHome itemHome, final OnItemClickListener listener){
30             this.itemName.setText(itemHome.getName()); //Asignamos el texto
31             ... //Asingamos la ruta de la imagen
32             itemView.setOnClickListener(new View.OnClickListener() { ... }); //Listener del item
33         }
34     }
}

```

Listado 4.30: Fichero *ItemHomeAdapter.java*, clase que contruye las vistas de los items.

```

1 <LinearLayout ...>    <!-- Vista de cada objeto de la clase ItemHome -->
2     <!-- Imagen del item ubicada en la parte de arriba -->
3     <ImageView android:id="@+id/imageView_home_item" ... />
4     <!-- Nombre del item-->
5     <TextView android:id="@+id/textView_home_item" ... />
6
7 </LinearLayout>

```

Listado 4.31: Fichero *adapter_home_item.xml*.

La clase “HomeFragment” (véase Listado 4.32) se encargará de instanciar los objetos de la clase “ItemHome” y el adaptador, “ItemHomeAdapter”, para que se situén correctamente en la vista que contiene el RecyclerView (véase Listado 4.33).

```

1 public class HomeFragment extends Fragment implements View.OnClickListener {
2     private List<ItemHome> itemsHome; //Lista de items a representar en la vista
3     private RecyclerView recyclerView; //Vista que contendrá todos los items
4     private RecyclerView.Adapter homeAdapter; //Contendrá el objeto de la clase ItemHomeAdapter
5     private RecyclerView.LayoutManager homeLayoutManager; //Layout del RecyclerView
6     public View onCreateView(LayoutInflater inflater... ) { //Primer método que se ejecuta
7         setAllItems(); //Instanciamos los items
8         //Inflamos la vista con el layout fragment_home.xml
9         return inflater.inflate(R.layout.fragment_home, container, false);
10    }
11    //Instanciamos cada item con su nombre, imagen y si es un link externo y su url
12    private void setAllItems(){
13        ArrayList<ItemHome> auxItems = new ArrayList<ItemHome>();
14        auxItems.add(new ItemHome("Navegación en modo RA", "home_ar_inicio", false, null));
15        auxItems.add(new ItemHome("Pagina de la ULL", "home_ull_site", true, "www.ull.es"));
16        ... //Resto de items
17        itemsHome = (List) auxItems; //Los guardamos en atributo itemsHome
18    }
19    public void onViewCreated(View view, @Nullable Bundle savedInstanceState) {
20        recyclerView = getActivity().findViewById(R.id.recyclerView_Home); //RecyclerView
21        homeLayoutManager = new LinearLayoutManager(getContext()); //Asiganamos un LinearLayout
22        //Construimos el objeto ItemHomeAdapter
23        homeAdapter = new ItemHomeAdapter(itemsHome, R.layout.adapter_home_item,
24            new ItemHomeAdapter.OnItemClickListener(){
25                //Indicamos el comportamiento cuando se selecciona un item
26                public void onItemClick(ItemHome item, int position){
27                    switch (position) {
28                        case 0:
29                            ... //Lanzamos los activitys y fragments correspondientes
30                        default: //Por defecto se considerara un enlace web externo
31                            String url = item.getLink(); //Obtenemos el link
32                            Intent i = new Intent(Intent.ACTION_VIEW);
33                            //Le decimos a Android la acción y le pasamos a url
34                            i.setData(Uri.parse("http://" + url));
35                            startActivity(i); //Nos lanza a la pagina en el navegador externo
36                            break; //del dispositivo
37                    }
38                }
39            });
40        recyclerView.setLayoutManager(homeLayoutManager); //Asignamos el layout a recyclerView
41        recyclerView.setAdapter(homeAdapter); //y el adaptador
42    }
43}

```

Listado 4.32: Fichero *HomeFragment.java*.

```

1 <LinearLayout ...> <!-- Layout principal -->
2 <!-- RecyclerView, contenedor en el que irán la vista de cada item de la clase ItemHome -->
3     <android.support.v7.widget.RecyclerView android:id="@+id/recyclerView_Home" ... />
4 </LinearLayout>

```

Listado 4.33: Fichero *fragment_home.xml*.

4.4.3. AboutFragment

El fragmento “AboutFragment” se encargará de mostrar la ventana de la aplicación con la información general de la aplicación. Este consta simplemente de un fichero *Fragment.java* que muestra el layout que contiene esta información (véase Listado 4.34).

```

1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <FrameLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
3   tools:context=".Fragments.AboutFragment" ... >
4   <LinearLayout ... >
5     <!-- Nombre la aplicacion -->
6     <TextView android:id="@+id/aboutText" ... />
7     <!-- Nombre del autor -->
8     <TextView android:id="@+id/aboutTextAutor" ... />
9     <!-- Version de la aplicacion -->
10    <TextView android:id="@+id/aboutTextVersion" .../>
11    <!-- Email del autor -->
12    <TextView android:id="@+id/aboutTextEmail" .../>
13    <!-- Descripcion -->
14    <TextView android:id="@+id/aboutTextDescription" ... />
15  </LinearLayout>
16 </FrameLayout>
```

Listado 4.34: Fichero *fragment-about.xml*.

4.5. Menú

El menú de la aplicación constituye el elemento principal por el que el usuario navegará por la misma. Por ello se optó por incorporar un menú lateral deslizante llamado *Navigation Drawer*. Este ha sido implementado por Google y lo encontramos en sus principales aplicaciones como “Gmail” y “Google Play”. Un menú Navigation Drawer es un layout que incorpora dentro del mismo la vista de otras ventanas que se encuentren formato de fragmentos y facilita que el cambio entre los fragmentos sea fluido y rápido. Este menú (véase Figura 4.2b) se desplegará pulsando en la esquina superior izquierda de la aplicación.

El fichero *navigation_draw.xml* contiene la vista del Navigation Draw. Aquí contamos con layout para el contenido principal a mostrar en la aplicación, la barra superior de la aplicación la que irá el nombre de *ULL-AR*, un “FrameLayout” en el que irá el fragmento actual a mostrar y un “NavigationView” que será la vista del menú que un inicio estará sin desplegar.

```

1 <android.support.v4.widget.DrawerLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
2   android:id="@+id/drawer_layout"
3   ...>
4   <!-- Contenido principal de la vista-->
5   <LinearLayout
6     ...>
7     <include
8       android:id="@+id/toolbar"
```

```

9      ...
10     <!-- Fragmento con el contenido principal de la vista -->
11     <FrameLayout
12         android:id="@+id/content_frame"
13         ... />
14   </LinearLayout>
15   <!-- Vista del menu lateral, con la cabecera y las opciones -->
16   <android.support.design.widget.NavigationView
17       android:id="@+id/navigation_view"
18       app:headerLayout="@layout/header_navigation_drawer"
19       app:menu="@menu/nav_options"
20       .../>
21 </android.support.v4.widget.DrawerLayout>
```

Listado 4.35: Fichero *navigation_draw.xml*. Layout del Navigation Drawer.

Para la implementación del menú se utilizó una clase heredable llamada *BaseActivity.java* la cual incorpora la vista del Navigation Drawer, gestionará las opciones de el menú, cambiará los fragmentos y lanzará los activities principales de ULL-AR.

```

1  DrawerLayout drawerLayout; //Atributo del Navigation Drawer
2  ActionBarDrawerToggle actionBarDrawerToggle; //Botón que desplegará el menú
3
4  protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
5      super.onCreate(savedInstanceState);
6      //Le decimos al activity la vista principal, este es nuestro Navigation Drawer.
7      //Navigation Drawer muestra la vista de fragmentos y el menú desplegable Navigation View
8      setContentView(R.layout.navigation_draw);
9
10     //Enlazamos el Navigation Drawer de la vista
11     drawerLayout = (DrawerLayout) findViewById(R.id.drawer_layout);
12     //Incorporamos la barra superior de la aplicación
13     toolbar = (Toolbar) findViewById(R.id.toolbar);
14     setSupportActionBar(toolbar);
15     //Incorporamos el botón de menú a la barra superior izquierda.
16     actionBarDrawerToggle = new ActionBarDrawerToggle(this, drawerLayout, toolbar, R.string.
17             app_name, R.string.app_name);
18     //Indicamos al drawerLayout que escuche al botón para desplegar el menú
19     drawerLayout.setDrawerListener(actionBarDrawerToggle);
20
21     //Vista del menú del Navigation Drawer
22     NavigationView navigationView = (NavigationView) findViewById(R.id.navigation_view);
23     //Enlazamos los elementos del menú con su respuesta
24     navigationView.setNavigationItemSelectedListener(new NavigationView.
25             OnNavigationItemSelectedListener() {
26         //Cuando un elemento del menú sea seleccionado
27         public boolean onNavigationItemSelected(MenuItem item) {
28             FragmentTransaction tx;
29             //Para todas las opciones del menú
30             switch (item.getItemId()) {
31                 //Transición al fragmento HomeFragment
32                 case R.id.menu_home:
33                     tx = getSupportFragmentManager().beginTransaction();
34                     //Cambiemos el fragmento
35                     tx.replace(R.id.content_frame, new HomeFragment());
36                     drawerLayout.closeDrawers(); //Cerramos el menú
37                     break;
38                     ... //Resto de opciones del menú
39             }
40         }
41     });
42 }
```

```

38     });
39 }
40 ...
41 }
```

Listado 4.36: Fichero *BaseActivity.java*. Código que se encarga de configurar la vista del Navigation Drawer.

En cuanto al menú del Navigation Drawer, tenemos una cabecera (véase Listado 4.37) con una imagen de la ULL y el debajo el nombre del usuario. Debajo de la cabecera tenemos las opciones del menú que vienen dadas por el fichero *nav_options.xml* (véase Listado 4.38). Cada uno de los items de opciones tiene un id, icono asociado y nombre.

```

1 <FrameLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
2   ...>
3   <!-- Imagen del Segai -->
4   <ImageView
5     android:src="@drawable/segaull"
6     .../>
7   <!-- Nombre del usuario de la aplicacion -->
8   <TextView
9     android:id="@+id/usernameText"
10    .../>
11 </FrameLayout>
```

Listado 4.37: Fichero *header_navigation_drawer.xml*. Cabecera del Navigation Drawer.

```

1 <menu xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android">
2 <!-- Opciones del menu del Navigation Draw -->
3   <group android:checkableBehavior="single">
4     <item
5       android:id="@+id/menu_home"
6       android:icon="@drawable/ic_home"
7       android:title="Inicio" />
8     <item android:id="@+id/menu_maps"
9       ... />
10    <item android:id="@+id/menu_ar"
11      ... />
12    <item android:id="@+id/menu_sitios"
13      ... />
14    <item android:id="@+id/menu_settings"
15      ... />
16    <item android:id="@+id/menu_logout"
17      ... />
18    <item android:id="@+id/menu_about"
19      ... />
20  </group>
21 </menu>
```

Listado 4.38: Fichero *nav_options.xml*. Opciones del menu Navigation Drawer.

Capítulo 5

Back-end de la aplicación

Si recordamos en la capítulo 2 se habló sobre las tecnologías de Node.js y MongoDB, como servidor y base de datos respectivamente. Para poder implementar estas tecnologías se decidió por utilizar servicios en la nube para gestionarlos, facilitar su despliegue y con motivos de profundizar y adquirir conocimiento sobre este tipo de plataformas. Estos servicios son Heroku como servidor de nuestra aplicación y mLab como base de datos. Ambos ofrecen una forma sencilla, accesible y escalable, para poder ejecutar nuestra aplicación y estudiar las posibilidades y beneficios que ofrecen este tipo de servicios en la nube en la actualidad.

5.1. Base de datos

Todos los datos necesarios para el funcionamiento de la aplicación estarán alojados en una base de datos en la nube. mLab será el proveedor de servicio escogido para alojar nuestra base de datos. Este proveedor nos ofrece bases de datos NoSQL que utilizan la tecnología MongoDB.

Crear nuestra base de datos es muy sencillo con mLab. Simplemente nos registramos y creamos nuestra base de datos. Lo primero que necesitamos es elegir un plan de datos. Como en nuestra base de datos no es necesario mucho espacio de almacenamiento, se optó por el plan gratuito que dispone de 500 megas. Posteriormente fijamos el nombre de nuestra base de datos que será “bd-ull-AR”.

5.2. Configuración del servidor

Necesitamos configurar nuestro servidor de Node.js para poder desplegarlo en Heroku y que funcione correctamente. A continuación se explicarán los pasos seguidos para la implementación nuestro servidor explicando su funcionamiento y su conexión con la base de datos.

5.2.1. Requisitos previos

Para toda la instalación e implementación del servidor Node.js se ha utilizado Linux como sistema operativo.

Previo a la implementación necesitaremos crearnos cuentas en las plataformas de Heroku y mLab. A su vez, debemos tener instalado GitHub, Node.js y Heroku. Para poder ejecutar los comandos que nos permitan creación y despliegue del servidor en la nube.

Una vez hayamos entrado en nuestra cuenta de Heroku. Creamos un repositorio con el nombre de "server-ull-AR" que será el servidor de nuestra aplicación en la nube.

5.2.2. Implementación

Una vez tengamos todo instalado podremos empezar a implementar nuestro servidor de Node.js.

Con el siguiente comando, ya tendremos preparado nuestro repositorio para empezar a trabajar:

```
1 $ git clone https://github.com/heroku/server-ull-AR.git
```

Una vez dentro del directorio de nuestro repositorio necesitaremos ejecutar el comando:

```
1 $ npm init
```

Este comando resulta en la creación de un archivo llamado *package.json*. Este fichero se utiliza para administrar los paquetes disponibles en el Node Package Manager que se instalan localmente.

Ahora instalaremos los paquetes necesarios para el servidor, que son:

- **ExpressJS:** Express es una infraestructura de aplicaciones web Node.js mínima y flexible que proporciona un conjunto sólido de características para las aplicaciones web y móviles.
- **mongoose:** Mongoose es una librería para trabajar MongoDB y Node.js.
- **bodyparser:** Lo necesitamos para manejar las peticiones de JSON.
- **node-restful:** Sirve para manejar las peticiones recibidas del servidor y conectarse con MongoDB.

Con un comando instalamos todos los paquetes y guardamos las dependencias utilizadas en *package.json*:

```
1 $ npm install --save express body-parser mongoose node-restful
```

El resultado del *package.json* sería el siguiente:

```

1 {
2   "private": true,
3   "name": "server-ull-AR",
4   "version": "0.0.1",
5   "dependencies": {
6     "body-parser": "^1.18.3",
7     "express": "^4.16.3",
8     "mongoose": "^5.4.16",
9     "node-restful": "^0.2.6"
10    },
11   "engines": {
12     "node": ">=0.10.25"
13   }
14 }
```

Listado 5.1: Contenido del fichero *package.json*.

Inicializamos el servidor

Una vez ya instalados todos los paquetes creamos el fichero *server.js*. En este sera el que inicie el servidor y tenga las variables que configuran el mismo (véase Listado 5.2).

```

1 //Declaramos los paquetes que necesitamos
2 var express = require('express');
3 var app = express(); //Iniciamos nuestra app
4 //Ponemos en modo escucha la app
5 app.listen(3000, function(){
6   console.log("Express server listening on port 3000"
7 });
```

Listado 5.2: Configuración inicial del servidor.

Para comprobar que todo funciona utilizaremos el siguiente comando, que correrá nuestro servidor en local en el puerto 3000.

```
1 $ node server.js
```

Más adelante terminaremos de configurar este fichero. A continuación pasamos a explicar la estructura y organización de nuestro servidor.

Estructura de la aplicación

Dentro de la carpeta principal del repositorio creamos dos subdirectorios:

- **models/**
- **routes/**

A continuación crearemos el fichero *ullSites.js* dentro de la carpeta de *models/*. Este fichero contiene el modelo que conecta con la colección de nuestra base de datos y maneja las respuestas como veremos más adelante.

```

1 //Declaramos el variable restful para manejar las peticiones
2 var restful = require('node-restful');
3 //Utilizamos mongoose para conectarnos a la BD
4 var mongoose = restful.mongoose;
5
6 //Estructura de los sitios de la ull contenidos en la base de datos
7 var ullSitesSchema = new mongoose.Schema({
8     id: String,
9     name: String,
10    position: {
11        lat: String,
12        long: String
13    },
14    desc: String,
15    imageLink: String,
16    canFind: [
17        {
18            id: String,
19            link: String
20        }
21    }
22
23 //Devolvemos el modelo para poder utilizarlo en otros ficheros
24 //Este modelo se conectara con colección de la base de datos "ull_sites"
25 module.exports = restful.model('ull_sites', ullSitesSchema);

```

Listado 5.3: Fichero *ullSites.js*.

Necesitaremos una ruta por la cual nuestro servidor responderá con la información que se solicite de la base de datos. Para ello en la carpeta *routes/* crearemos el fichero *api.js* (véase Listado 5.4). Este fichero manejará las peticiones que lleguen al servidor a través de la ruta */api/* y se encargará principalmente de conectarse con la base de datos para responder a estas peticiones.

```

1 var express = require('express');
2 var router = new express.Router();
3
4 //Modelo que maneja la petición a la base de datos
5 var ullSites = require('../models/ullSites');
6
7 //Seleccionamos los métodos que puede responder
8 //Al ser una aplicación sencilla solo necesitamos manejar peticiones get
9 ullSites.methods(['get']);
10 //Indicamos al router la url que gestionará las peticiones
11 ullSites.register(router, '/ull-sites');
12
13
14 module.exports = router;

```

Listado 5.4: Fichero *api.js*.

En caso de acceder a la ruta “*/api/ull-sites*” de nuestra aplicación con una petición get, se enviará una respuesta al cliente con toda la información correspondiente de la base de datos.

Conexión con mLab

Con nuestra cuenta de mLab y base datos ya creada en mLab, solo vamos a necesitar una url para poder acceder a ella y poder consultar, añadir y borrar datos. Esta url está disponible en la página principal de nuestra base de datos en mLab y tiene el siguiente formato:

```
1  mongodb://<dbuser>:<dbpassword>@ds235181.mlab.com:35181/ull-AR
```

Donde “dbuser” es el usuario que usamos para crear la base de datos y “dbpassword” la contraseña. Para evitar que el usuario y contraseña queden expuestos públicamente en el repositorio, vamos a utilizar variable de entorno. En nuestro caso vamos a configurar la variable de entorno para que funcione en Heroku. Para hacerlo necesitamos utilizar este comando en la terminal:

```
1  $heroku config:set PROD_MONGODB=mongodb://username:password@ds235181.mlab.com:35181/ull-AR
```

Posteriormente la variable “PROD_MONGODB” se utilizará para conectarse al base de datos una vez este desplegado en Heroku.

Solo vamos a necesitar crear una colección para el proyecto. Para ello accedemos a nuestra base de datos en el navegador y pinchamos en el botón de “Add collection” y la nombraremos “ull_sites”. Aquí tendremos la información de las instalaciones de la ULL. Los cuales añadiremos manualmente desde la página de mLab (véase Figura 4.7).

Configuración final del servidor

Por último tenemos que acabar de configurar el fichero *server.js* que creamos anteriormente. Necesitaremos indicar al servidor la url de la base de datos de mLab y de disponer que las rutas de nuestra aplicación estén bien configuradas para responder a las solicitudes.

```
1  var express = require('express'); //Servidor
2  var mongoose = require('mongoose');//Para conectar con BD
3  var bodyParser = require('body-parser');//Manejar peticiones JSON
4
5  var server = express(); //Instanciamos el servidor
6  server.use(bodyParser.urlencoded({extended: false}));
7  server.use(bodyParser.json());
8
9  //Utilizamos el fichero que se encuentra en ./routes/api.js
10 api = require('./routes/api');
11
12 //Realizamos la conexión con la base de datos con la url correctamente
13 //guardada en PROD_MONGODB
14 mongoose.connect(process.env.PROD_MONGODB, function (error) {
15     if (error) console.error(error);
16     else console.log('mongo connected');
17 });
18
19 server.get('/', function (req, res) { //Ruta raíz del servidor
```

```
20 res.send('ULL-AR server');//Respuesta por defecto
21 })
22
23 //Decimos al servidor que el archivo /routes/api.js se encargue de las
24 //solicitudes que recibimos de /api
25 server.use('/api', api);
26
27 //Ponemos el servidor a escuchar
28 server.listen(process.env.PORT || 3000, function(){
29   console.log("Express server listening on port %d in %s mode", this.address().port, server.
30   settings.env);
31});
```

Listado 5.5: Configuración final del fichero *server.js*.

Despliegue en Heroku

Con nuestro servidor ya configurado, podemos realizar el despliegue en Heroku. Para ello necesitaremos primero crear un fichero *Procfile* en la raíz del repositorio, que le dirá a Heroku cuál es el fichero que inicia el servidor.

```
1 web: node server.js
```

Para desplegarlo en Heroku necesitamos tres comandos:

```
1 $ git add .
2 $ git commit -m "Servidor final"
3 $ git push heroku master
```

Con estos pasos completados ya tendremos nuestro servidor desplegado y funcionando en la url: <https://server-ull-AR.herokuapp.com>

Bibliografía

- [1] Android: **Android**. [<https://www.android.com/>] 2008, [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 1
- [2] Github: **Repositorio Github** 2008, [<https://github.com/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 1, 3
- [3] LaTeX3 Project: **LaTeX** 1985, [<https://www.latex-project.org/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 1
- [4] IntelliJ: **Android Studio** 2014, [<https://developer.android.com/studio/index.html>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 2
- [5] **IDE**. [https://es.wikipedia.org/wiki/Entorno_de_desarrollo_integrado]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 2
- [6] IntelliJ IDEA: **IntelliJ IDEA** 2001, [<https://www.jetbrains.com/idea/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 2
- [7] **Gradle** 2007, [<http://gradle.org/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 2
- [8] **Registro de Imagenes** [https://es.wikipedia.org/wiki/Registro_de_la_imagen]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 6
- [9] **CodigoQR**. [https://es.wikipedia.org/wiki/Codigo_QR]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 6
- [10] **Realidad Virtual**. [https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 8
- [11] **Relidad Mixta**. [https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_mixta]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 8

- [12] **Pokemón Go!** [<https://pokemongolive.com/es/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 10
- [13] **Pokemón.** [<https://es.wikipedia.org/wiki/Pokemon>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 10
- [14] **Kit de desarrollo de software.** [https://es.wikipedia.org/wiki/Kit_de_desarrollo_de_software]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 11
- [15] **SLAM.** [https://es.wikipedia.org/wiki/Localizaci\penalty\OM\hskip\z@skip\unhbox\voidb@x\bgroup\let\unhbox\voidb@\x\setbox@\tempboxa\hbox{o\global\mathchardef\accent@\spacefactor\spacefactor}\accent19o\egroup\spacefactor\accent@\spacefactor\penalty\OM\hskip\z@skip\spacefactor\sfcode'on_y_modelado_simult\penalty\OM\hskip\z@skip\unhbox\voidb@x\bgroup\let\unhbox\voidb@x\setbox@\tempboxa\hbox{a\global\mathchardef\accent@\spacefactor\spacefactor}\accent19a\egroup\spacefactor\accent@\spacefactor\penalty\OM\hskip\z@skip\spacefactor\sfcode'aneos]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 11
- [16] **Node.js.** [<https://nodejs.org/en/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 12
- [17] **Chrome V8.** [https://es.wikipedia.org/wiki/Chrome_V8]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 12
- [18] **Event Loop.** [<https://nodejs.org/de/docs/guides/event-loop-timers-and-nexttick/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 12
- [19] **MongoDB.** [<https://www.mongodb.com/what-is-mongodb?lang=es-es>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 14
- [20] **Tecnología NoSQL** [<https://es.wikipedia.org/wiki/NoSQL>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 14
- [21] **Formato BSON.** [<https://es.wikipedia.org/wiki/BSON?lang=es-es>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 14
- [22] **El formato de texto JSON** [<https://es.wikipedia.org/wiki/JSON>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 14

- [23] **PaaS.** [https://en.wikipedia.org/wiki/Platform_as_a_service]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 15
- [24] **Instalación Heroku.** [<https://devcenter.heroku.com/articles/heroku-cli>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 16
- [25] **Amazon Web Services.** [<https://aws.amazon.com/es/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 16
- [26] **Azure.** [<https://azure.microsoft.com/es-es/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 16
- [27] **Google Cloud.** [<https://cloud.google.com/?hl=es>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 16
- [28] **Google Maps API.** [<https://developers.google.com/maps/documentation/android-api>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 16
- [29] **Aprendizaje ubicuo.** [https://es.wikipedia.org/wiki/Aprendizaje_ubicuo]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 18
- [30] **Splash Screen.** [https://en.wikipedia.org/wiki/Splash_screen]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 22
- [31] **Navigation Drawer.** [<https://material.io/design/components/navigation-drawer.html>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 23
- [32] **Pixlr.** [<https://pixlr.com/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 28
- [33] **Activity Android.** [<https://developer.android.com/guide/components/activities.html?hl=ES>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 29
- [34] **Consola de Firebase.** [<https://console.firebaseio.google.com/>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 30
- [35] **Layout Android.** [<https://developer.android.com/guide/topics/ui/declaring-layout?hl=es-419>]. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 31

- [36] **Kudan.** *[https://www.kudan.io/]*. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 42
- [37] **Fragmentos Android.** *[https://developer.android.com/guide/components/fragments?hl=es-419]*. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 44
- [38] **Consola de Google.** *[https://console.developers.google.com/]*. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 44
- [39] **RecyclerView.** *[https://developer.android.com/guide/topics/ui/layout/recyclerview]*. [[Disponible electrónicamente. Último acceso, julio de 2018]]. 46