



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INFORMÁTICA  
GRADUADO EN INGENIERÍA DE COMPUTADORES

**DESARROLLO DE APP DE REALIDAD  
AUMENTADA PARA OBTENER INFORMACIÓN EN  
LA UMA**

**DEVELOPMENT OF AUGMENTED REALITY APP  
TO OBTAIN INFORMATION AT UMA**

Realizado por  
**José David Quero Sánchez**

Tutorizado por  
**Antonio José Fernández Leiva**

Departamento  
**Lenguajes y Ciencias de la Computación**

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
MÁLAGA, JULIO DE 2020

Fecha defensa: julio de 2020



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



# Resumen

En numerosas ocasiones, el alumnado acude a los centros universitarios y a las distintas instalaciones de los mismos sin tener claros los horarios de la secretaría o de la biblioteca, los departamentos que imparten docencia en ellos, los despachos que acogen o en qué despacho concreto está cada profesor. Disponer de una fotografía del profesorado también puede ser de gran utilidad para localizarlo cuando no se puede acudir a clase con regularidad o, por algún motivo, debes contactar con algún profesor o profesora que no te imparte docencia.

Con este proyecto nos proponemos construir un software que se pueda instalar en dispositivos Android y que, con solo apuntar con la cámara a un patrón reconocible en un lugar visible, proporcione información de interés asociada a instalaciones específicas de la Universidad de Málaga (UMA). Una de las principales premisas deberá ser su facilidad de uso, de forma que sea una aplicación intuitiva, práctica y atractiva para que la persona que la utilice se sienta atraída a seguir utilizándola de forma habitual y a publicitar su uso. En este proyecto desarrollamos una App que sirve como prototipo del objetivo de este proyecto y que considera de forma específica la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática de la UMA como foco de la aplicación.

**Palabras clave:** Realidad aumentada, Android, App, información UMA.



# Abstract

On numerous occasions, the students go to university centers and to the different facilities of the same without being clear about the hours of the secretariat or the library, the departments that teach in them, the offices they host or in which specific office each teacher is. Having a photograph of the teaching staff can also be very useful to locate it when you cannot attend to class regularly or, for some reason, you have to contact to a teacher who does not teach you.

With this project we propose to build software that can be installed on Android devices and that, just by pointing the camera at a recognizable pattern on a visible place, provides information of interest associated with specific facilities at the University of Malaga (UMA). One of the main premises should be its ease of use, so that it is an intuitive, practical and attractive application so that the person who uses it is attracted to continue using it regularly and to publicize its use. In this project we develop an App that serves as a prototype of the objective of this project and that specifically considers the UMA's Higher Technical School of Computer Engineering as the focus of the application.

**Keywords:** Augmented reality, Android, App, UMA information.



# Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>1</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>1</b>
<b>Índice .....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.3 Estructura de la memoria .....	4
<b>Arquitectura, tecnologías y herramientas utilizadas.....</b>	<b>5</b>
2.1 Arquitectura de la aplicación .....	5
2.1.1 Cliente .....	5
2.1.2 Servidor .....	17
2.2 Tecnologías utilizadas .....	22
2.3 Herramientas empleadas .....	25
<b>Estudio de otros trabajos similares .....</b>	<b>27</b>
3.1 Star Walk 2 .....	27
3.2 Flightradar24 .....	28
3.3 Pokémon GO.....	28
<b>Fases de desarrollo del proyecto.....</b>	<b>31</b>
4.1 Metodología .....	31
4.1.1 Scrum .....	31
4.2 Fases de trabajo.....	33
4.3 Planificación .....	34
4.4 Pruebas .....	38
<b>Conclusiones y líneas futuras .....</b>	<b>39</b>
<b>Manual de usuario .....</b>	<b>41</b>
6.1 Introducción .....	41
6.2 Ventana de información de centro .....	41
6.3 Ventana de centro .....	43
6.4 Ventana de información de departamento .....	47
6.5 Ventana de departamento .....	49
6.6 Ventana de información de despacho .....	52
6.7 Ventana de despacho.....	53
<b>Referencias .....</b>	<b>57</b>
<b>Manual de Instalación .....</b>	<b>61</b>
Requerimientos:.....	61
Instalación:.....	61



# 1

## Introducción

### 1.1 Motivación

La idea de este trabajo surgió como consecuencia de participar en un proyecto utilizando HoloLens en una empresa privada.

Dicha empresa, por ser puntera y desarrollar numerosos proyectos, recibía multitud de visitas a las que se mostraban las instalaciones, proporcionándoles información de los distintos desarrollos en los que estaba implicada en ese momento.

De esta necesidad surgió la posibilidad de desarrollar una aplicación de realidad mixta para HoloLens de forma que estas visitas se pudieran realizar de forma autónoma utilizando estas gafas de realidad mixta.

La primera aproximación teórica fue mapear todo el edificio y cargar esta información en las gafas para, según la posición del visitante, mostrar una información u otra. Tras analizarlo, se propuso que, puesto que es habitual que los proyectos se trasladen de un lugar a otro del edificio, la aplicación sería más mantenible (y más ligera) si, en vez de mapear el edificio y cargarlo en el dispositivo, se utilizaba un sistema de marcadores, de forma que bastaría mirar al marcador para recuperar y mostrar toda la información del proyecto en cuestión.

Por diversos motivos, este proyecto nunca pasó de ser una conversación y no se desarrolló, pero es la base de donde parte este Trabajo Fin de Grado.

El mundo de la realidad aumentada está en continuo crecimiento y empresas tecnológicas importantes están invirtiendo desde hace años en la realidad aumentada pero, ¿qué es la realidad aumentada? Se podría definir como una visión del mundo real aumentada y complementada con estímulos sensoriales generados por ordenador como sonidos, vídeos, elementos 3D y demás tipo de datos. Es decir, el usuario siempre

verá el mundo físico que lo rodea, pero con una capa virtual añadida, una versión mejorada de la realidad.

Funciona combinando un determinado contenido digital con objetos reales a través de objetivos de seguimiento o marcadores. Una vez que el software reconoce el marcador puede colocar el contenido digital en las ubicaciones correctas para que el espectador perciba que la realidad se ha aumentado con el contenido digital.

¿Con qué podemos utilizar la realidad aumentada? En el futuro seguramente con nuestros propios ojos, pero mientras tanto podemos usar una webcam, dispositivos móviles o tecnologías más caras como las HoloLens de Microsoft.

La realidad aumentada se puede aplicar en diferentes ámbitos como videojuegos, entretenimiento, marketing, publicidad, salud, arquitectura y construcción, aeronáutica, industria en general, educación, entrenamiento y su uso como herramienta o complemento.

En vez de utilizar HoloLens (caras y difíciles de conseguir) utilizaremos un dispositivo móvil, concretamente con sistema operativo Android.

¿Por qué Android? Los datos publicados por Kantar correspondientes al último trimestre de 2019 indican que iOS ya suma el 24,3 % de todas las ventas de smartphones en los principales mercados europeos (Reino Unido, España, Francia, Italia y Alemania) y aumenta su cuota también en Estados Unidos, Japón, Australia y China Urbana ([Dominic Sunnebo, 2020](#)).

En este mismo artículo se indica que en España se observa también un aumento del 5,1 % de iOS y una caída de Android de un 4,9%, continuando con la tendencia que ya se mostraba en el artículo Ventas de smartphones: Huawei sufre un revés en el segundo trimestre de 2019, publicado por Kantar, en el que se analizaban los datos correspondientes a los tres meses que finalizaban en junio de 2019 y donde se indicaba que en España la cuota de mercado de Android se había visto reducida quedándose al 88,9% del total de smartphones vendidos, llegando iOS al 10,8% de la cuota de mercado total.

Cuota de mercado de sistemas operativos en España ( %)

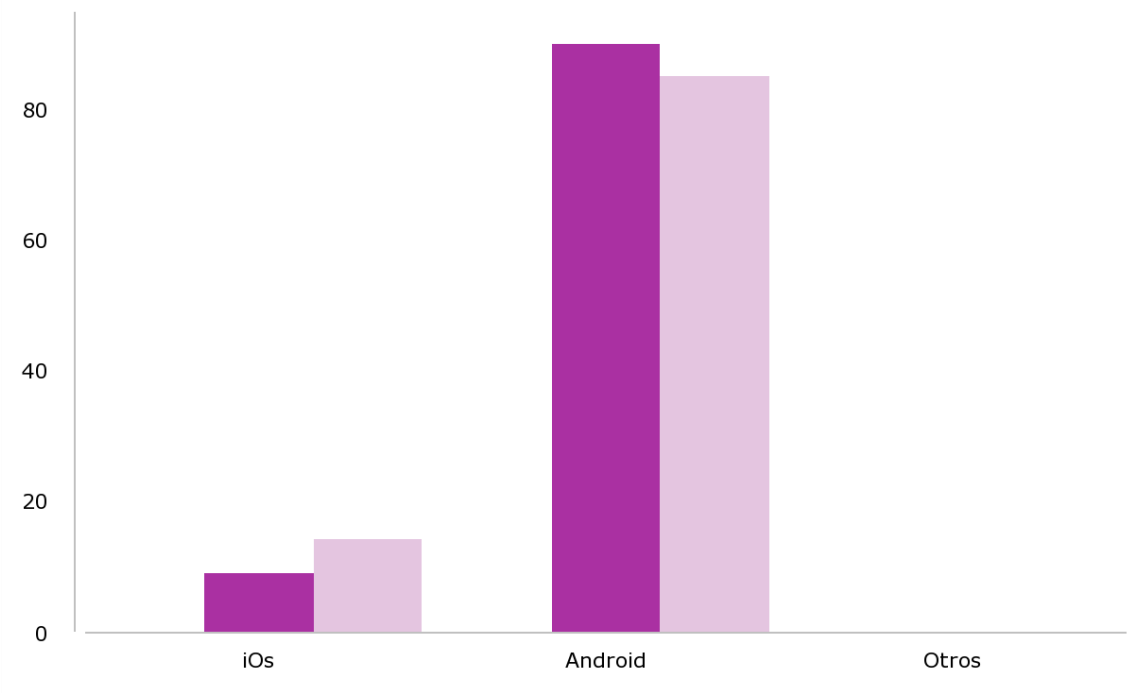


Figura 1: Cuota de mercado a finales de 2019 ([Dominic Sunnebo, 2020](#))

A pesar de la tendencia indicada, la supremacía de Android sobre iOS es clara tanto en España como en el resto de Europa, lo que justifica la elección de Android como sistema operativo para utilizar esta aplicación.

Resuelta la cuestión del sistema operativo, el siguiente paso era resolver el modo de visualización. En un principio se planteó utilizar imagen estéreo para recrear un ambiente tridimensional, pero esto requeriría el uso de gafas. Este requerimiento hizo que se desechara esa opción, además, de esta manera se podría utilizar en cualquier dispositivo Android, como tabletas.

## 1.2 Objetivos

Como se ha comentado en el apartado anterior, el objetivo principal de este proyecto es proporcionar información que nos pueda interesar del entorno que nos rodea de un modo fácil e intuitivo, así como poner a prueba la tecnología utilizada para este desarrollo.

De un modo más concreto y centrándonos en el mundo universitario, se podría resumir en las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Qué información es interesante?

Información del centro en el que nos encontramos en un momento dado, de los departamentos y de los profesores del mismo.

- ¿Cuál es la forma más fácil de obtener información?

A través de un dispositivo móvil, ya que todo el mundo tiene uno y es la forma más rápida de difundir información y llegar al mayor número de usuarios.

- ¿Cómo se puede acceder a información de forma intuitiva a través de un dispositivo móvil?

Apuntando con la cámara a un marcador que acceda a la información de nuestro interés.

Por tanto, con este proyecto nos proponemos construir un software de realidad aumentada que se pueda instalar en dispositivos Android y que, con solo apuntar con la cámara a un patrón reconocible en un lugar visible, proporcione información de interés de la UMA.

Además de lo indicado anteriormente, se pretende que sea fácil de utilizar, convirtiéndose en una aplicación que se utilice de forma habitual y que unos usuarios animen a otros a utilizarla.

### **1.3 Estructura de la memoria**

La memoria de este proyecto se estructura en los seis capítulos que se indican a continuación y de los que se da una breve explicación:

- Introducción: En este capítulo se hace una introducción al proyecto, comentando lo que ha motivado su desarrollo, sus orígenes, se justifican algunas tomas de decisiones y los objetivos que se pretenden conseguir con este trabajo.
- Arquitectura, tecnologías y herramientas utilizadas: Este capítulo se centra en la arquitectura del proyecto, las tecnologías que se han utilizado para desarrollarlo y las herramientas empleadas para apoyar el desarrollo.
- Estudio de otros trabajos similares: Se expone a alto nivel el funcionamiento de tres aplicaciones de realidad aumentada, algunas más parecidas y otras menos a ARInfoUMA, tratando de reflejar el gran abanico de posibilidades que ofrece la realidad aumentada.
- Fases de desarrollo del proyecto: Este capítulo está dedicado a comentar la metodología empleada para el desarrollo del proyecto, las fases de trabajo en la que se ha dividido y la planificación realizada para llevarlo a cabo.
- Conclusiones y líneas futuras: Capítulo dedicado a las conclusiones y análisis del resultado obtenido así como las posibles ampliaciones y evolución del proyecto en el futuro.
- Manual de usuario: Capítulo que muestra toda la información necesaria para utilizar la aplicación, utilizando muchas imágenes para conocer las distintas ventanas que muestra la aplicación, los botones que utiliza y sus funcionalidades.

# 2

## Arquitectura, tecnologías y herramientas utilizadas

### **2.1 Arquitectura de la aplicación**

La aplicación ARAInfoUMA se basa en una arquitectura cliente-servidor donde, de forma resumida, el cliente está formado por la aplicación desarrollada en Unity 3D con Vuforia y el servidor, que consiste en una API REST desarrollada en CodeIgniter, ofrece los métodos necesarios para recuperar los datos de una base de datos MySQL con información de la Universidad de Málaga (UMA).

#### **2.1.1 Cliente**

Una de las bases de ARAInfoUMA es poder utilizarlo desde distintos dispositivos móviles, por lo que habrá múltiples clientes interactuando con el servidor en un mismo instante de tiempo.

El cliente que se ha desarrollado es una aplicación para dispositivos Android desarrollado con Unity 3D como se ha indicado anteriormente, que proporciona distintos elementos para crear el entorno que se presenta al usuario controlados por scripts desarrollados con C#.

Para el comportamiento de realidad aumentada (detección del marcador) se ha utilizado Vuforia, que está integrado con Unity 3D en sus últimas versiones. A pesar de ello, es necesario seguir los pasos que se indican en el Vuforia Developer Portal ([PTC, Inc., 2020](#)) para:

- Subir las imágenes de los marcadores generados con la página "AUGMENTED REALITY MARKER GENERATOR" ([Brosvision, 2013](#)) para cada centro, departamento o despacho que se quiera generar.
- Generar un paquete para Unity 3D con la información de los marcadores para su detección por Vuforia.

La aplicación consta de una única escena, como se muestra en la Figura 2:

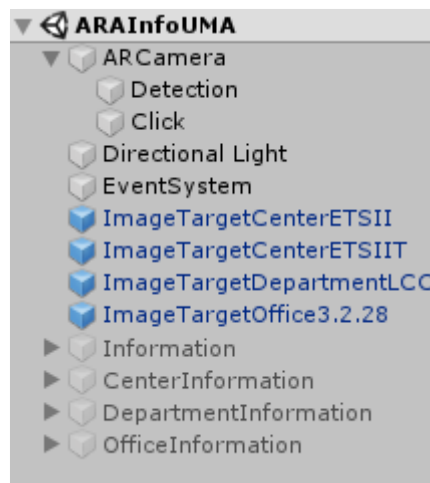


Figura 2: Escena de la aplicación

En esta escena se muestran los distintos objetos que la forman:

- ARCamera: Cámara de realidad aumentada de Vuforia, que tiene como hijos el objeto Detection, que contiene el audio que suena cuando la cámara reconoce un marcador y el objeto Click, que contiene el audio que suena cuando se pulsa un botón.
- Information: Canvas que se muestra cuando se reconoce un marcador. Según se haya reconocido un marcador de centro, departamento o de despacho, se visualizará la ventana de información de centro, la ventana de información de departamento o la ventana de información de despacho activando y desactivando los distintos objetos que la componen, como se muestra en la Figura 3:

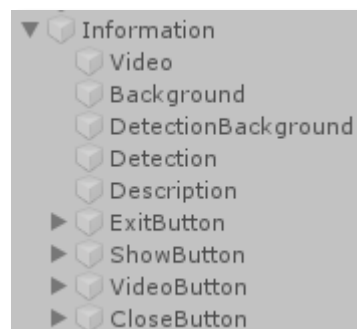


Figura 3: Canvas Information

Para conseguir el comportamiento deseado, se ha añadido al canvas el script de C# Information.cs como se muestra en la Figura 4:

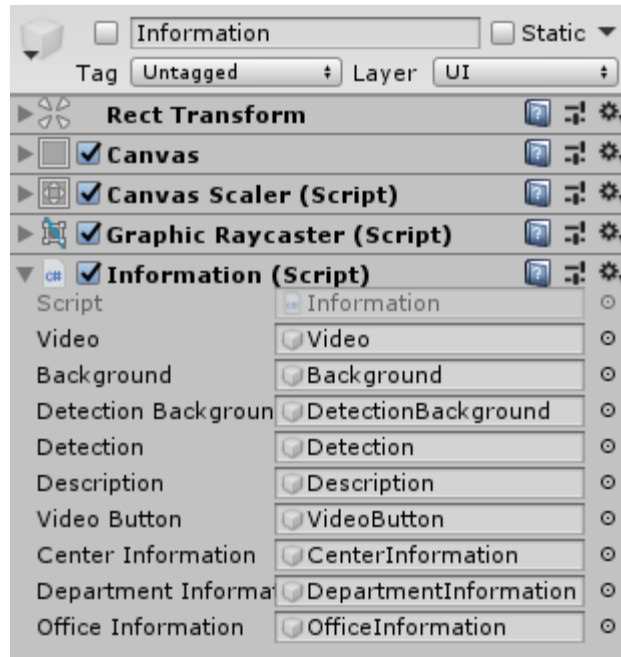


Figura 4: Componente script Information

- CenterInformation: Canvas que muestra la ventana de centro, activando y desactivando los distintos objetos que la componen, como se muestra en la Figura 5:

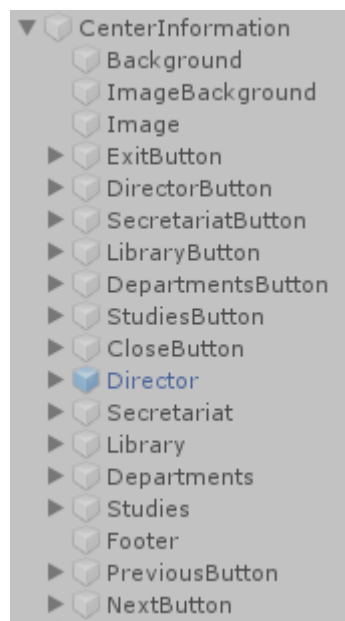


Figura 5: Canvas CenterInformation

Para conseguir el comportamiento deseado, se ha añadido al canvas el script de C# CenterInformation.cs como se muestra en la Figura 6:

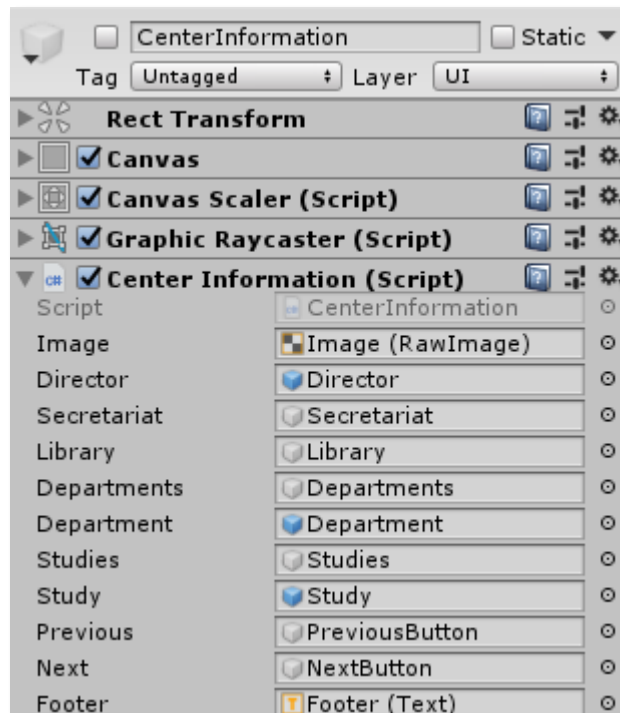


Figura 6: Componente script CenterInformation

- DepartmentInformation: Canvas que muestra la ventana de departamento, activando y desactivando los distintos objetos que la componen, como se muestra en la Figura 7:

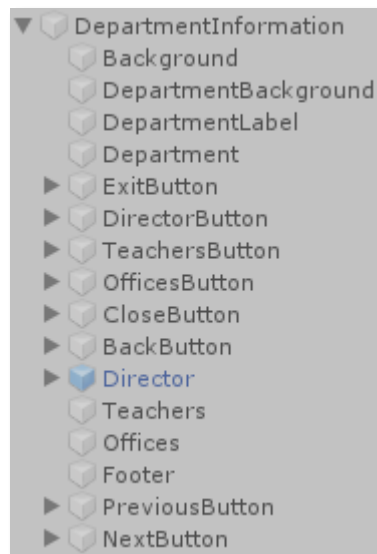


Figura 7: Canvas DepartmentInformation

Para conseguir el comportamiento deseado, se ha añadido al canvas el script de C# DepartmentInformation.cs como se muestra en la Figura 8:

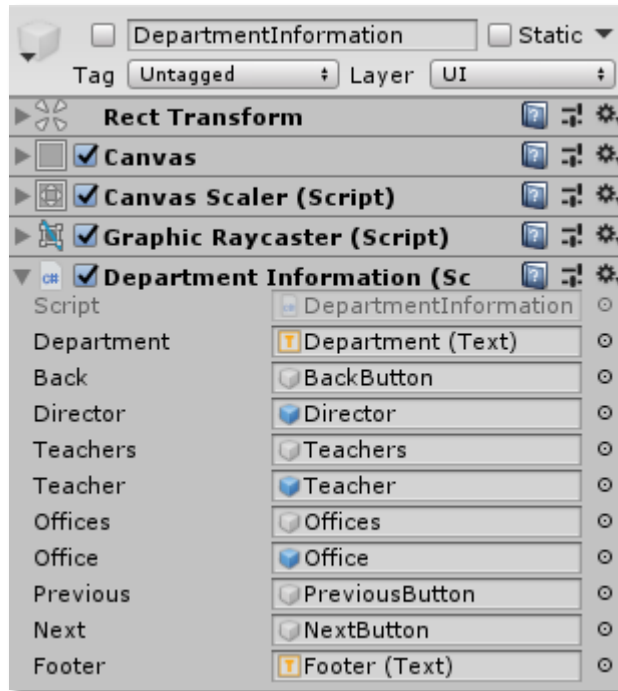


Figura 8: Componente script DepartmentInformation

- OfficeInformation: Canvas que muestra la ventana de despacho, activando y desactivando los distintos objetos que la componen, como se muestra en la Figura 9:

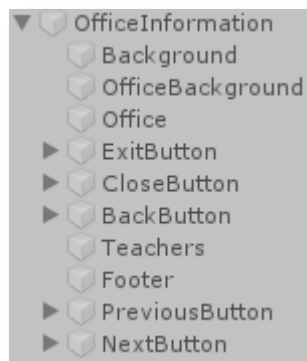


Figura 9: Canvas OfficeInformation

Para conseguir el comportamiento deseado, se ha añadido al canvas el script de C# OfficeInformation.cs como se muestra en la Figura 10:

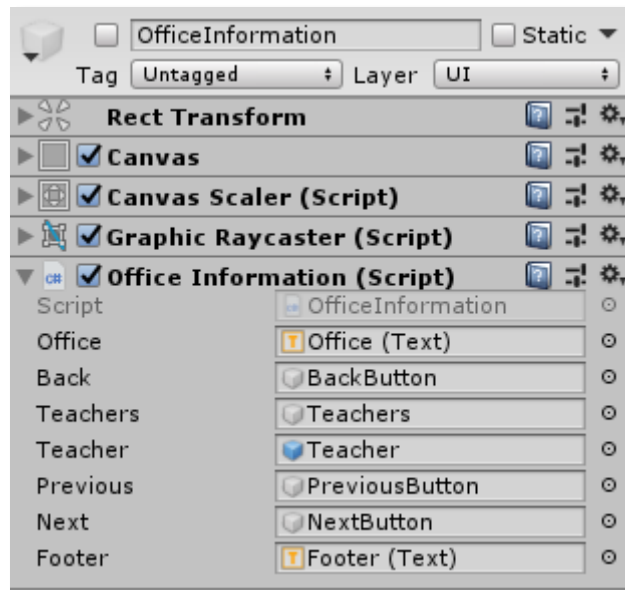


Figura 10: Componente script OfficeInformation

Por cada centro, cada departamento y cada despacho que se quiera detectar se debe crear un objeto ImageTarget y asociarlo al marcador correspondiente que será accesible tras haber instalado el paquete de Unity 3D para estos marcadores en la página del Vuforia Developer Portal. Para simplificar el desarrollo, se ha creado un prefab formado por un ImageTarget en el que seleccionar el marcador correspondiente en el campo Image Target del script Image Target Behaviour y al que ha añadido un componente script según se quiera detectar un centro, como en la Figura 11, un departamento, como en la Figura 12 o un despacho, como en la Figura 13.

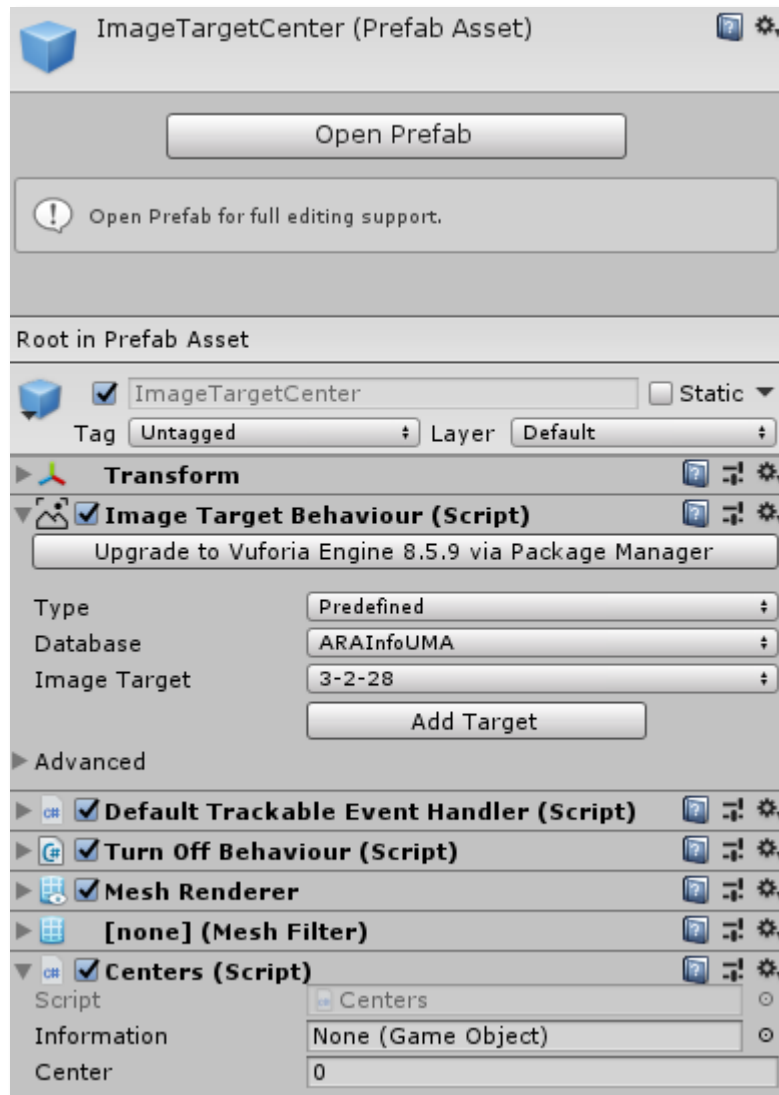


Figura 11: Prefab ImageTargetCenter

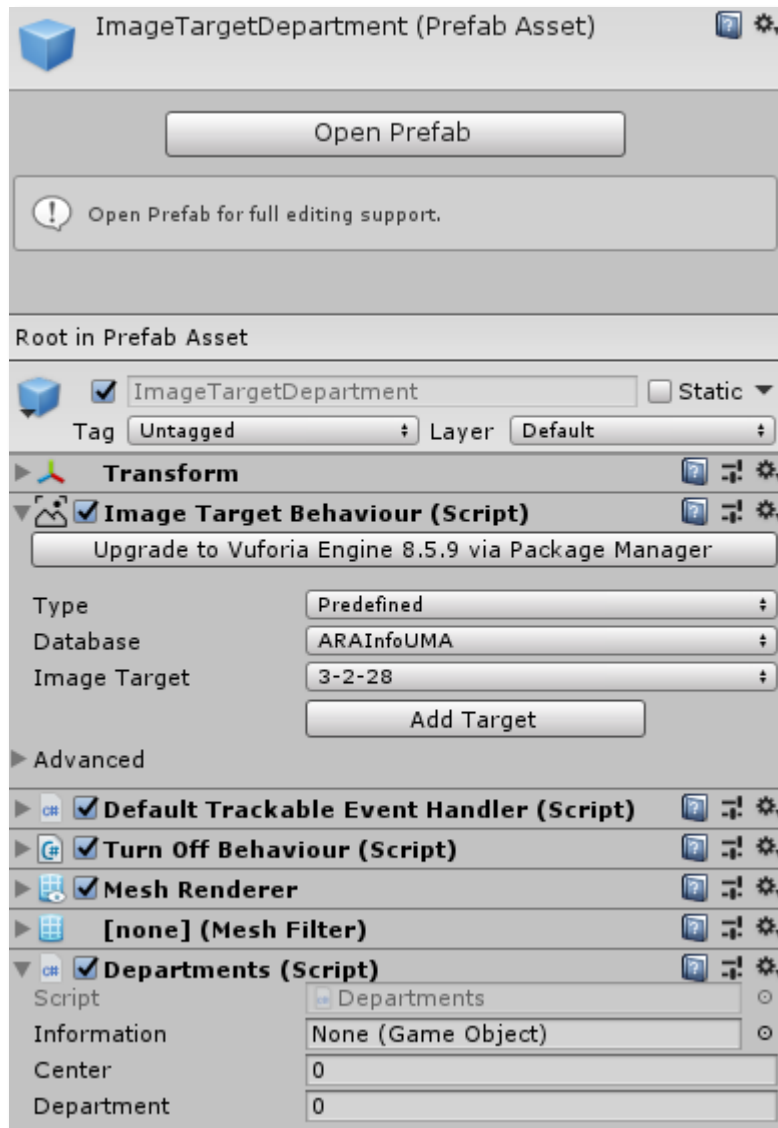


Figura 12: Prefab ImageTargetDepartment

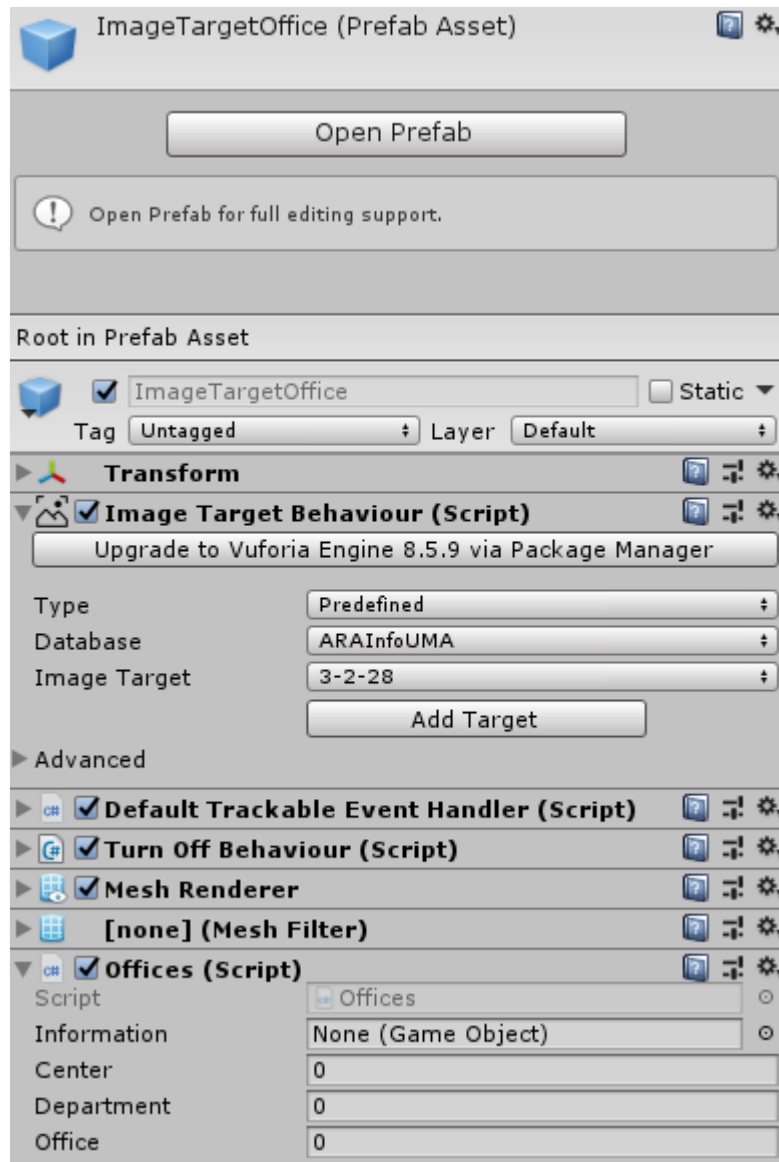


Figura 13: Prefab ImageTargetOffice

Puesto que generar todos los ImageTarget y recopilar toda la información correspondiente no es posible para ser realizado por una sola persona y en el número de horas asignado al Trabajo Fin de Grado, y teniendo en cuenta que este trabajo se podría considerar una prueba de concepto, se han generado los siguientes para comprobar el funcionamiento y la funcionalidad deseada:

- ImageTargetCenterETSII: Permite reconocer el marcador de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática (ETSII), para ello se le asignan los siguientes valores que se observan en la Figura 14:
  - En el script Image Target Behaviour:
    - Image Target: ETSdelIngenieriaInformatica.
  - En el script Centers:
    - Information: Se asigna el canvas Information.
    - Center: 4 (número identificador de la ETSII).

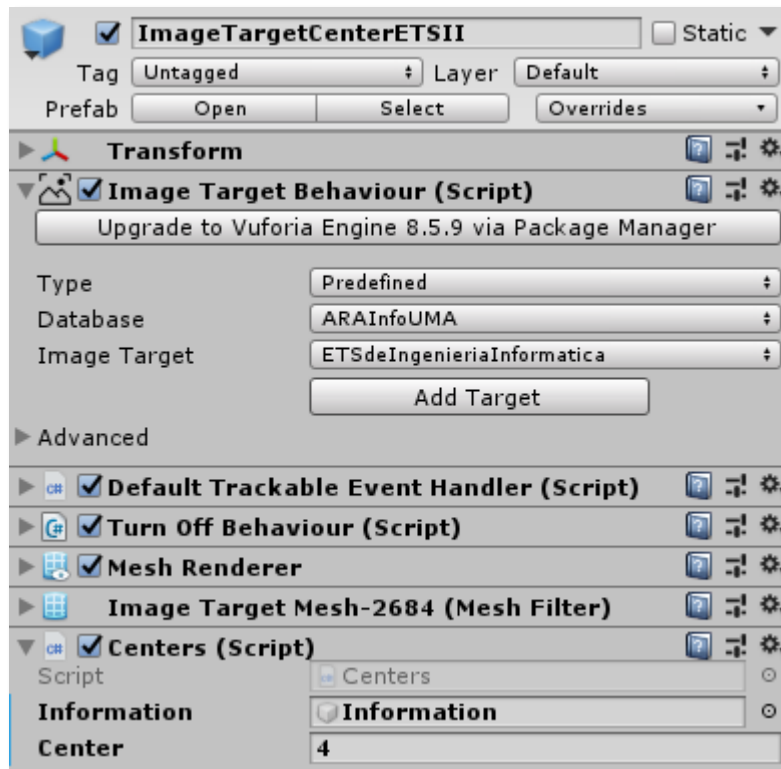


Figura 14: ImageTarget para la ETSII

- ImageTargetCenterETSIT: Permite reconocer el marcador de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación (ETSIT), para ello se le asignan los siguientes valores que se observan en la Figura 15:
  - En el script Image Target Behaviour:
    - Image Target: ETSdeIngenieriadeTelecomunicacion.
  - En el script Centers:
    - Information: Se asigna el canvas Information.
    - Center: 3 (número identificador de la ETSIT).

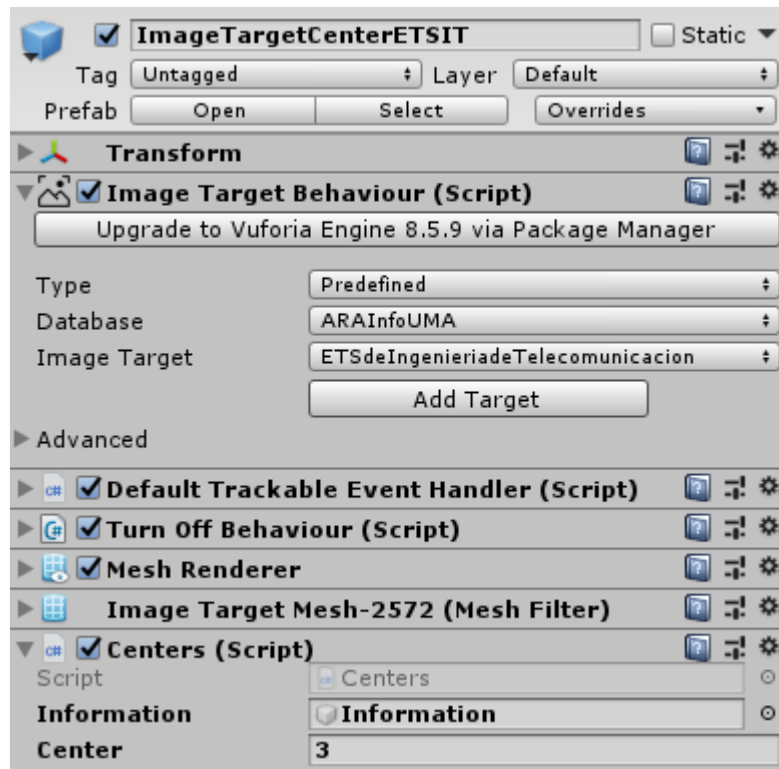


Figura 15: ImageTarget para la ETSIT

- ImageTargetDepartmentLCC: Permite reconocer el marcador del departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación (LCC) en la ETSII, para ello se le asignan los siguientes valores que se observan en la Figura 16:
  - En el script Image Target Behaviour:
    - Image Target: ETSdeIngenieriaInformaticaLCC.
  - En el script Departments:
    - Information: Se asigna el canvas Information.
    - Center: 4 (número identificador de la ETSII).
    - Department: 52 (número identificador del departamento de LCC).

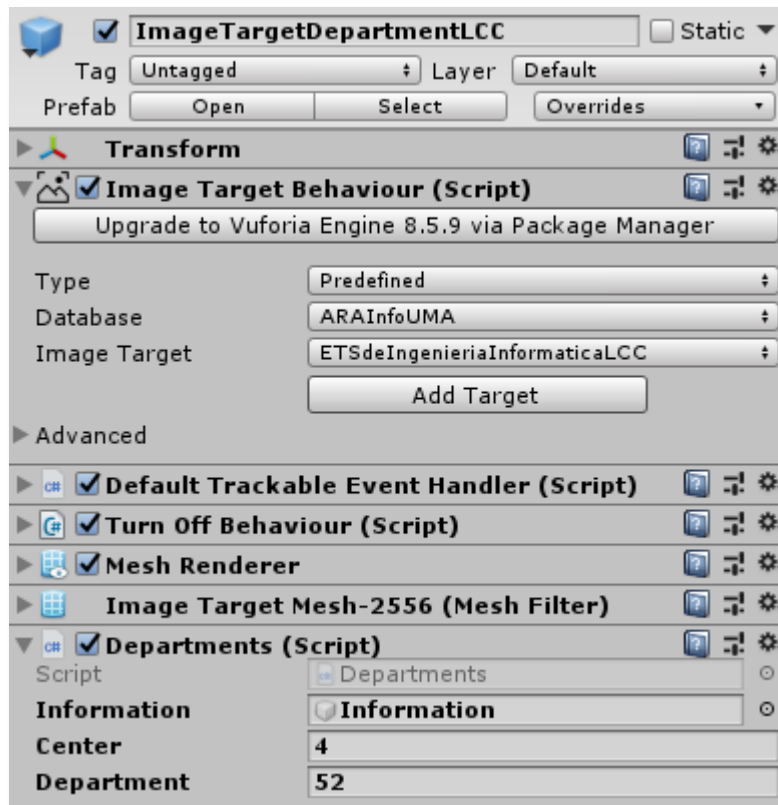


Figura 16: ImageTarget para el departamento de LCC

- ImageTargetOffice3.2.28: Permite reconocer el marcador del despacho 3.2.28 del departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación (LCC) en la ETSII, para ello se le asignan los siguientes valores que se observan en la Figura 17:
  - En el script Image Target Behaviour:
    - Image Target: 3-2-28.
  - En el script Offices:
    - Information: Se asigna el canvas Information.
    - Center: 4 (número identificador de la ETSII).
    - Department: 52 (número identificador del departamento de LCC).
    - Office: 3.2.28 (número del despacho).

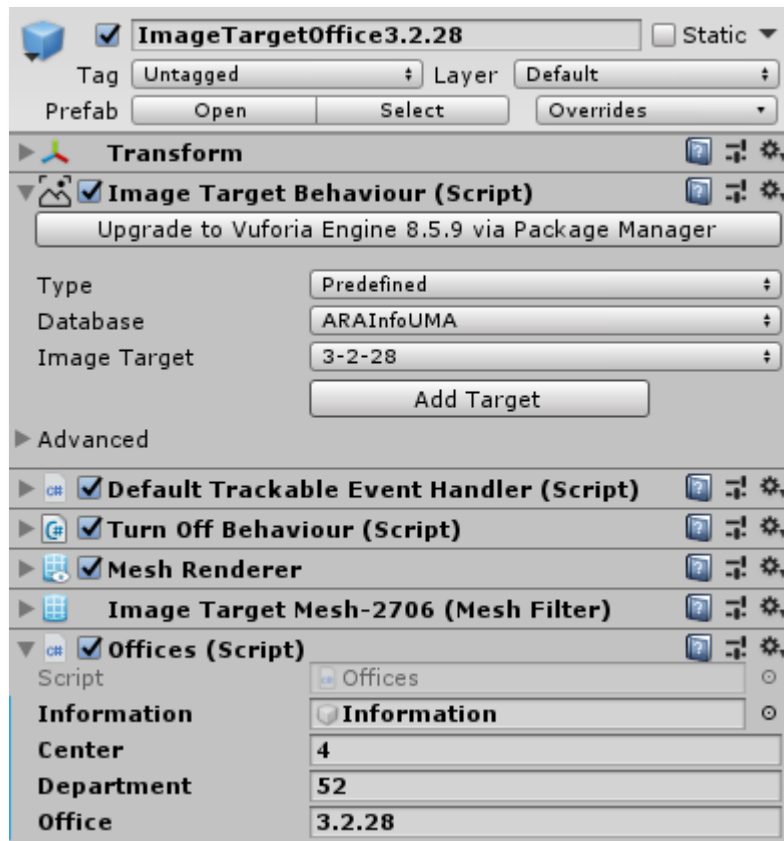


Figura 17: ImageTarget para el despacho 3.2.28

## 2.1.2 Servidor

Como se ha indicado anteriormente, el servidor debe proporcionar los métodos necesarios para poder mostrar en los clientes la información almacenada en la base de datos. Esta información se ha obtenido a partir de la página web de la UMA ([Universidad de Málaga, 2020](#)), por lo que es pública y en ningún momento se infringe la Ley de Protección de Datos.

De lo comentado en el párrafo anterior se deduce que necesitamos dos partes: un contenedor donde se almacena la información y una lógica que permita acceder a dicha información y enviarla a los clientes.

Para almacenar la información se utiliza una base de datos MySQL, que contiene las tablas y restricciones de los datos para almacenar la información de una forma eficiente, fiable y consistente.

La lógica a la que se ha hecho referencia estará implementada con una API REST con CodeIgniter utilizando el lenguaje PHP.

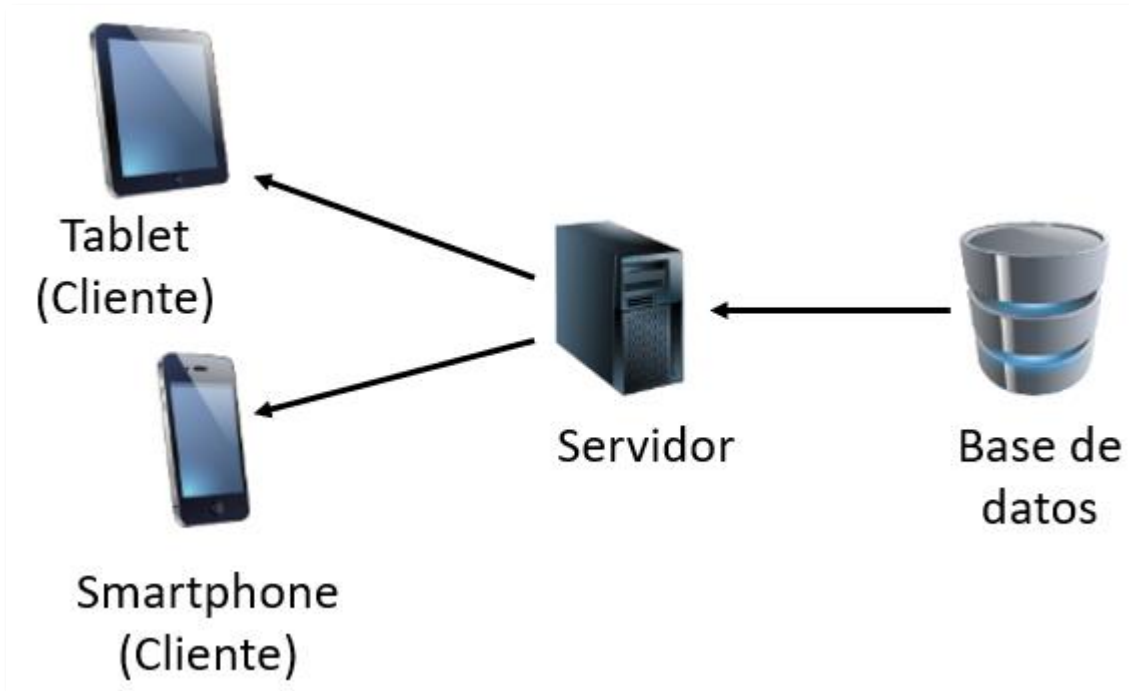


Figura 18: Arquitectura Cliente-Servidor

Todo lo que se ha comentado anteriormente está sustentado por XAMPP, que proporciona el motor de la base de datos MySQL y el servidor web. Una vez que ambos están arrancados a través de la consola de XAMPP, se debe abrir un navegador e introducir la dirección `localhost` para acceder al servidor de XAMPP. Una vez dentro se tiene acceso a phpMyAdmin que permite gestionar la base de datos, seleccionándola de entre otras que puedan estar creadas, y crear tablas, añadir datos, etc., además de poder exportar la base de datos a un fichero de texto plano.

El modelo de datos se muestra en la Figura 19:

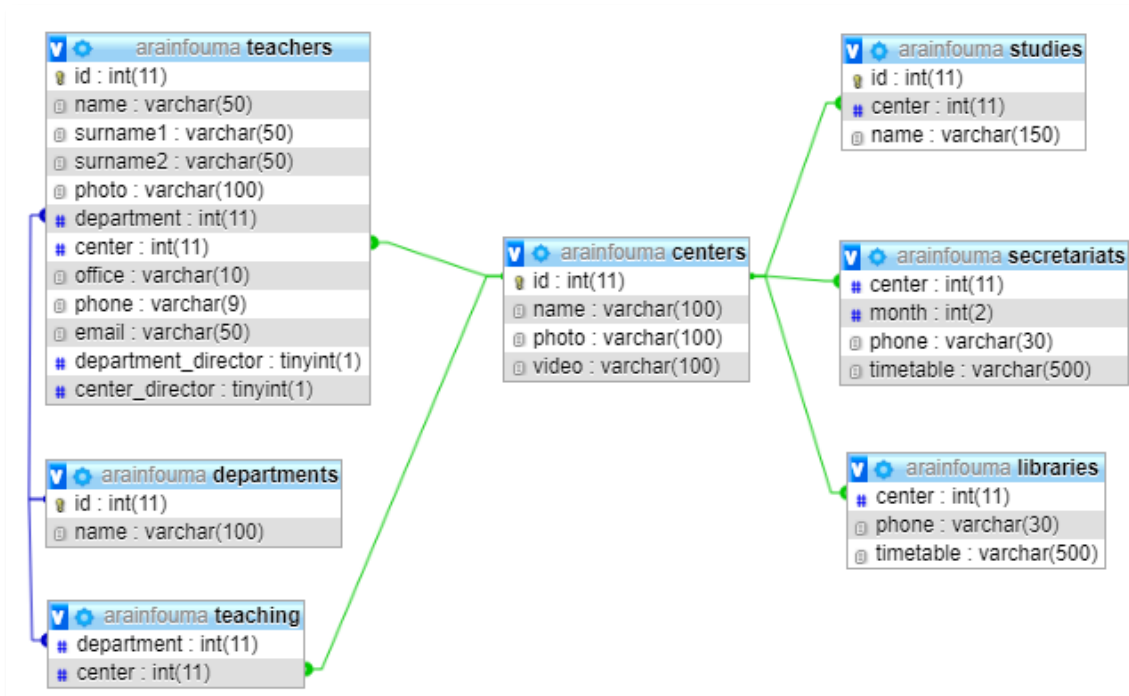


Figura 19: Modelo de datos

La funcionalidad de cada tabla se indica a continuación:

Tabla 1: Tabla centers

centers	
Contiene la información de los centros de la UMA.	
id	Identificador del centro.
name	Nombre del centro.
photo	Nombre del archivo de la imagen del centro.
video	Nombre del archivo del video del centro.

Tabla 2: Tabla teachers

teachers	
Contiene la información del profesorado de la UMA.	
id	Identificador del/la profesor/a.
name	Nombre del/la profesor/a.
surname1	Primer apellido.
surname2	Segundo apellido.
photo	Nombre del archivo de la imagen del/la profesor/a.
department	Identificador del departamento al que pertenece.
center	Identificador del centro donde imparte docencia.
office	Departamento del/la profesor/a.
phone	Número de teléfono del/la profesor/a.
email	Dirección de correo electrónico del/la profesor/a.
department_director	Flag que indica si es director/a de departamento.
center_director	Flag que indica si es director/a de centro.

Tabla 3: Tabla departments

departments	
Contiene la información de los departamentos de la UMA.	
id	Identificador del departamento.
name	Nombre del departamento.

Tabla 4: Tabla teaching

teaching	
Relaciona cada departamento con los centros en los que está presente.	
department	Identificador del departamento.
center	Identificador del centro en el que departamento está presente.

Tabla 5: Tabla studies

studies	
Estudios que se imparten en la UMA.	
id	Identificador del estudio.
center	Identificador del centro en el que se imparte.
name	Nombre del estudio.

Tabla 6: Tabla secretariats

secretariats	
Información de las secretarías de la UMA.	
center	Identificador del centro de la secretaría.
month	Mes al que corresponde la información de secretaría (ya que ésta varía según las distintas épocas del año).
phone	Número de teléfono de la secretaría.
timetable	Información de la secretaría.

Tabla 7: libraries

secretariats	
Información de las bibliotecas de la UMA.	
center	Identificador del centro de la biblioteca.
phone	Número de teléfono de la biblioteca.
timetable	Información de la biblioteca.

El código desarrollado con CodeIgniter de la API REST en PHP está ubicado dentro de la carpeta htdocs en la que se haya hecho la instalación de XAMPP, ya que esto es necesario para que la API REST funcione.

En la Figura 20 se muestra el diagrama de clases de la API REST:

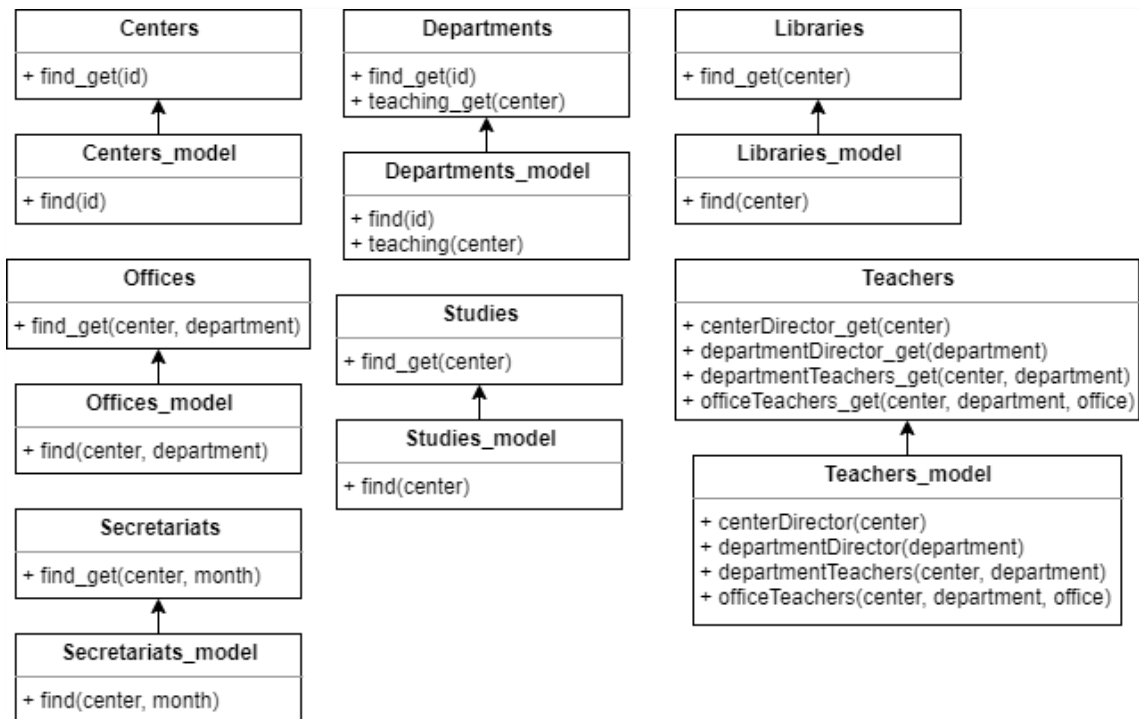


Figura 20: Diagrama de clases de la API REST

Las clases se dividen entre controladores y modelos. Los controladores exponen los métodos accesibles desde el exterior de la API REST, que internamente hacen llamadas a los métodos de los modelos, que son los encargados de acceder directamente a la base de datos. Los controladores que se han creado son los siguientes:

- **Centers:** Controlador que expone el método `find_get` para obtener la información del centro cuyo identificador recibe como parámetro utilizando el método `find` del modelo `Centers_model`.
- **Departments:** Controlador que expone los siguientes métodos:
  - o `find_get`: Devuelve la información del departamento para el identificador que recibe como parámetro utilizando el método `find` del modelo `Departments_model`.
  - o `teaching_get`: Devuelve la información del departamento para el identificador que recibe como parámetro utilizando el método `teaching` del modelo `Departments_model`.
- **Libraries:** Controlador que expone el método `find_get` para obtener la información de la biblioteca para el identificador de centro que recibe como parámetro utilizando el método `find` del modelo `Libraries_model`.
- **Offices:** Controlador que expone el método `find_get` para obtener la información de los despachos para el centro y el departamento cuyos identificadores se reciben como parámetros utilizando el método `find` del modelo `Offices_model`.
- **Secretariats:** Controlador que expone el método `find_get` para obtener la información de la secretaría para el identificador de centro y para el mes que se reciben como parámetros utilizando el método `find` del modelo `Secretariats_model`.
- **Studies:** Controlador que expone el método `find_get` para obtener la información de los estudios que se ofertan en el centro para el identificador que

recibe como parámetro utilizando el método `find` del modelo `Studies_model`.

- `Teachers`: Controlador que expone los siguientes métodos:
  - o `centerDirector_get`: Devuelve la información del/la director/a del centro para el identificador que recibe como parámetro utilizando el método `centerDirector` del modelo `Teachers_model`.
  - o `departmentDirector_get`: Devuelve la información del/la director/a del departamento para el identificador que recibe como parámetro utilizando el método `departmentDirector` del modelo `Teachers_model`.
  - o `departmentTeachers_get`: Devuelve la información de los docentes que imparten docencia en el centro y que pertenecen al departamento cuyos identificadores se reciben como parámetros utilizando el método `departmentTeachers` del modelo `Teachers_model`.
  - o `officeTeachers_get`: Devuelve la información de los docentes que imparten docencia en el centro, que pertenecen al departamento y que se ubican en el despacho cuyos identificadores se reciben como parámetros utilizando el método `officeTeachers` del modelo `Teachers_model`.

## 2.2 Tecnologías utilizadas

Durante el desarrollo, la parte de back-end (servidor web y base de datos) ha estado sustentada por XAMPP, que proporciona el motor de la base de datos (MySQL) y el servidor web (Apache) sobre el que se ejecuta la API REST, desarrollada en CodeIgniter utilizando el lenguaje PHP. Por otra parte, el cliente está desarrollado con Unity 3D que proporciona distintos elementos para crear el entorno que se presenta al usuario controlados por scripts desarrollados con C#, utilizando Vuforia para la detección de marcadores.

- XAMPP: Es una distribución de Apache gratuita y fácil de instalar, para plataformas Windows, macOS y Linux, que contiene MySQL, PHP y Perl ([Apache Friends, 2020](#)). Tras su instalación se puede ejecutar el panel de control que se muestra en la Figura 21, que permite configurar servidores o abrir un símbolo de sistema para ejecutar comandos. Al iniciar el servidor Apache, se puede acceder a la administración de XAMPP desde el navegador accediendo a la dirección localhost, que también proporciona acceso a la aplicación phpMyAdmin con la que se puede gestionar la base de datos MySQL.

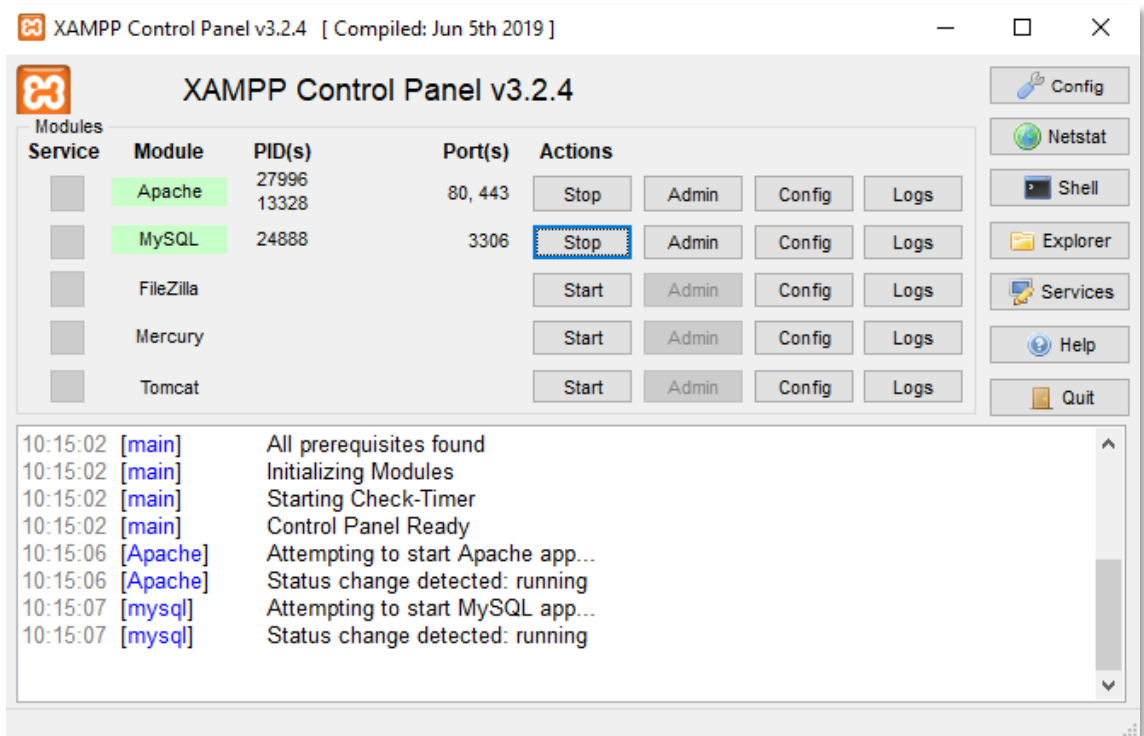


Figura 21: Panel de control de XAMPP

- Apache: Es el servidor web que más se utiliza en el mundo. A pesar de que en los últimos años su hegemonía va disminuyendo, continua siendo líder como el servidor web más utilizado ([CriarWeb S.L., 2020](#)).

Este proyecto lo gestiona la fundación Apache, aunque al tratarse de un proyecto de software libre, lo crea y lo mantiene la comunidad, como suele ser habitual en este tipo de proyectos.

Aunque en entornos de producción se suele instalar sobre Linux, se trata de un servidor multiplataforma, disponible en Linux, Unix, Windows y Mac.

Además de servir sitios estáticos, Apache tiene módulos para dar soporte a varios lenguajes, como PHP, Python o Perl.

- MySQL: Es un sistema gestor de bases de datos (SGBD) muy utilizado, suponiendo la alternativa sin coste a los dos gigantes del sector: Oracle y SQL Server.

MySQL fue desarrollado por MySQL AB, que posteriormente fue adquirida por Sun Microsystems, siendo ésta comprada a su vez por Oracle Corporation en 2010. Se da la circunstancia de que Oracle ya era dueña desde 2005 de Innobase Oy, la empresa que desarrolló el motor InnoDB para MySQL.

Al contrario de lo comentado anteriormente con Apache, Oracle posee los derechos sobre la mayor parte del código, distribuyendo una versión Community bajo licencia GNU y varias versiones Enterprise para ser utilizadas en

software privativo, añadiendo servicios y productos adicionales como herramientas de monitorización, entre otros.

En 2009, un grupo de desarrolladores descontentos principalmente con que una única empresa controlara MySQL y Oracle, creó una rama denominada MariaDB. Un hecho similar ocurriría un año después, cuando un grupo de desarrolladores creó LibreOffice a partir de OpenOffice ([Wikipedia. MySQL, 2020](#)).

- CodeIgniter: Es un marco de desarrollo de aplicaciones, un kit de herramientas, para crear sitios web utilizando PHP. Su objetivo es desarrollar proyectos mucho más rápido que si se estuviera escribiendo código desde cero, proporcionando un amplio conjunto de bibliotecas para las tareas comúnmente necesarias, así como una interfaz simple y una estructura lógica para acceder a estas bibliotecas. CodeIgniter minimiza la cantidad de código necesario para una tarea determinada ([British Columbia Institute of Technology, 2019](#)).

Se recomienda utilizar CodeIgniter, entre otras necesidades, cuando:

- Se necesita un rendimiento excepcional.
  - Se necesita una amplia compatibilidad con cuentas de hosting estándar que ejecutan una variedad de versiones y configuraciones de PHP.
  - Se desea un marco que requiera una configuración casi nula.
  - Se desea un marco que no requiera que use la línea de comando.
- PHP: Es un lenguaje de código abierto muy utilizado para el desarrollo web, ya que resulta simple y fácil de aprender para aquellos desarrolladores con poca o ninguna experiencia, pero también proporciona características avanzadas para programadores expertos.

El código PHP se incrusta encerrándolo entre la etiqueta de comienzo `<?php`, indicando que a partir de esa etiqueta se debe ejecutar código PHP y la etiqueta de fin `?>`, indicando que a partir de ese punto el código vuelve a ser HTML. Este código PHP se ejecuta en el servidor, que genera el código HTML correspondiente que envía al cliente ([The PHP Group, 2020](#)).

- Unity 3D: Es un motor de videojuegos que puede ser utilizado tanto en Windows, como en Mac OS y recientemente también en Linux. Debido a su carácter multiplataforma puede generar productos para multitud de sistemas operativos y dispositivos como Android, PS4 o UWP (lo que permite el desarrollo de aplicaciones de realidad mixta para HoloLens).

Con el Unity Editor se crean los objetos virtuales y se posicionan en el espacio, mientras que el comportamiento de estos objetos se controla a través de scripts. Estos scripts se basan en Mono, una implementación de código abierto del Framework .NET, por lo que, aunque los programadores pueden utilizar lenguajes como UnityScript (basado en ECMAScript) o Boo (inspirado en Python), el más utilizado es C# ([Wikipedia. Unity \(motor de videojuego\), 2020](#)).

- Vuforia: Es un kit de desarrollo de software de realidad aumentada (SDK) que utiliza tecnología de visión por ordenador para posibilitar el reconocimiento de imágenes y objetos por dispositivos móviles. Permite a los desarrolladores posicionar y orientar objetos virtuales en relación con objetos del mundo real cuando se ven a través de la cámara, por lo tanto que parece que el objeto virtual es parte de la escena del mundo real, lo que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada ([Wikipedia. Vuforia Augmented Reality SDK, 2020](#)).

Para desarrollar con Vuforia se pueden utilizar lenguajes como C++, Java y Objective-C++, además de C# a través de la extensión para Unity. Esto posibilita el desarrollo nativo para iOS, Android y UWP, mientras que también permite el desarrollo de aplicaciones AR en Unity.

- C#: Es un orientado a objetos, creado por Microsoft y que permite crear una gran cantidad de aplicaciones que se ejecutan en el Framework .NET ([Microsoft, 2015](#)).

Es un lenguaje sencillo y fácil de aprender, sobre todo si se tiene conocimientos de C, C++ o Java, ya que su sintaxis es muy parecida. Además, se encuentra integrado con el IDE de Microsoft Visual Studio, que proporciona herramientas para simplificar aún más la codificación con este lenguaje y acelerar el desarrollo.

Como lenguaje orientado a objetos, incluye los conceptos de encapsulación, herencia y polimorfismo. Una de sus características es que, aunque una clase solo puede heredar directamente de otra, puede implementar cualquier número de interfaces. También permite el uso de LINQ (acrónimo de Language Integrated Query) que permite el acceso a los datos desde el código C# de una forma fácil e intuitiva.

## 2.3 Herramientas empleadas

Considerando lo ya comentado en apartados anteriores, caben destacar Postman y Visual Studio Community 2019 como las principales herramientas utilizadas para el desarrollo de este trabajo:

- Visual Studio Community 2019: Es un IDE completo para programar, depurar e implementar soluciones en cualquier plataforma ([Microsoft. Visual Studio, 2020](#)). Debido a estas características, se ha utilizado para desarrollar los scripts de Unity, así como desarrollar el código en PHP de la API REST.
- Postman: Permite realizar llamadas a los métodos de la API REST como se harían desde un cliente, permitiendo probar estos métodos así como detectar y corregir errores en los mismos en la fase más temprana del desarrollo ([Postman, 2020](#)).



# 3

## Estudio de otros trabajos similares

En este capítulo se comentan algunas aplicaciones de realidad aumentada, aunque no se ha encontrado ninguna con una funcionalidad parecida a ARAInfoUMA (tal vez Flightradar24 a grandes rasgos), pero se puede comprobar la aplicación de la realidad aumentada en aspectos distintos como la astronomía, el transporte o los videojuegos.

### 3.1 Star Walk 2



Figura 22: Logotipo de Stark Walk 2 ([Vito Technology, 2020](#))

Presenta un increíble atlas del cielo, buscado de estrellas y planetas muy fáciles de usar ([Vito Technology, 2020](#)).

Se trata de una aplicación que combina los datos astronómicos con la tecnología de la realidad aumentada que muestra el cielo desde la ubicación del dispositivo, mostrando estrellas, constelaciones, planetas, satélites y cometas.

### 3.2 Flightradar24



Figura 23: Logotipo de Flightradar24 ([Flightradar24 AB, 2020](#))

La app de seguimiento de vuelos en directo que se ha convertido en n.º1 de la categoría de viajes en Google Play en 100 países ([Flightradar24 AB, 2020](#)).

Permite hacer seguimiento de vuelos en tiempo real, identificar vuelos, incluyendo una foto de la aeronave al apuntar el dispositivo a la zona del cielo por la que ésta está pasando o mostrar la perspectiva del piloto en modo 3D entre otras funcionalidades.

También muestra información de los aeropuertos, mostrando información como la lista de llegadas o salidas programadas, entre otra información disponible.

### 3.3 Pokémon GO



Figura 24: Logotipo de Pokémon GO ([Niantic, Inc., 2020](#))

Es un videojuego de realidad aumentada que consiste en atrapar personajes del universo Pokémon, apareciendo unos u otros según la geolocalización del dispositivo ([Niantic, Inc., 2020](#)).

El videojuego pone en escena muchos aspectos de la serie de televisión en la que se inspira y podría considerarse el despegue y el contacto con el gran público de la realidad aumentada en nuestro país.



# 4

## Fases de desarrollo del proyecto

En este capítulo se expone en primer lugar la metodología empleada, continuando con la planificación que se ha establecido para finalizarlo con el proceso de desarrollo que se ha seguido.

### 4.1 Metodología

Debido a que la tendencia en las empresas es seguir una metodología ágil, se utilizan las directrices indicadas por Scrum ([Schwaber & Sutherland, 2018](#)), adaptadas a las características de este proyecto: un equipo formado por una persona.

#### 4.1.1 Scrum

Scrum ([Schwaber & Sutherland, 2018](#)) es un marco de trabajo a través del cual las personas pueden abordar problemas complejos adaptativos, a la vez que entregan productos del máximo valor posible de forma productiva y creativa. Tienes las siguientes características:

- Ligero
- Fácil de entender
- Difícil de llegar a dominar

El marco de trabajo de Scrum se compone por los Equipos Scrum, sus Roles, Artefactos y Reglas asociadas, cada uno de los cuales sirve a un propósito específico para el éxito de Scrum y para su uso.

Scrum se basa en la teoría de control de procesos empírica y emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la predictibilidad y el control del riesgo.

Toda la implementación del control de procesos empírico se soporta sobre tres pilares:

- **Transparencia:** Los aspectos significativos del proceso deben ser visibles para aquellos que son responsables del resultado.
- **Inspección:** Los usuarios de Scrum deben inspeccionar frecuentemente los artefactos de Scrum y el progreso hacia un objetivo para detectar variaciones indeseadas.
- **Adaptación:** Ajustar un proceso o un material tan pronto como sea posible para minimizar cualquier posible desvío o problema.

Existen cinco valores con los que se debe estar alineado al adoptar Scrum:

- **Compromiso:** Hacer lo que dices que harás para conseguir los objetivos del sprint.
- **Foco:** Todo el trabajo está volcado en conseguir los objetivos del sprint.
- **Apertura:** Tener mente abierta, ser transparentes y sinceros.
- **Respeto:** Compañerismo, hacer comentarios con sinceridad y respeto así como recibir comentarios del resto de compañeros de la misma forma.
- **Coraje:** Para proponer cambios, mostrar vulnerabilidad, pedir ayuda y hacer comentarios que ayuden a otros compañeros aunque pongan sus fallos o debilidades en evidencia.

Los distintos roles en Scrum son:

- **Product Owner:** Es una única persona que representa la voz del cliente y es el responsable de maximizar el valor del producto.
- **Development Team:** Son los profesionales que realizan el trabajo. Son autoorganizados, multifuncionales, sin títulos ni subequipos. Se considera que el tamaño más apropiado debe ser de tres a nueve miembros.
- **Scrum Master:** Es el responsable de que Scrum se entienda y se adopte. Entre sus funciones también se encuentra facilitar la colaboración entre el Product Owner y el Development Team o eliminar impedimentos para el Development Team.

Scrum consta de los siguientes eventos:

- **Sprint:** Bloque de tiempo durante el cual se crea un incremento de producto utilizable y potencialmente desplegable. Los Sprints contienen y constan de:
  - **Sprint Planning:** Planificación del trabajo que tiene que llevarse a cabo en el Sprint. Se define el objetivo del Sprint.
  - **Daily Scrum:** Bloque de tiempo en el que todos los días los miembros del equipo explican:
    - ¿Qué hice ayer?
    - ¿Qué voy a hacer hoy?
    - ¿Veó algún impedimento que me impida a mi o al Development Team cumplir con el objetivo del Sprint?

- Sprint Review: Reunión que se lleva a cabo al finalizar un Sprint y en la que el Development Team hace una demostración del trabajo desarrollado.
- Sprint Retrospective: Última reunión en la que se inspecciona cómo fue el último Sprint con el fin de identificar mejoras y crear un plan para implementarlas.

Los Artefactos que forman Scrum se indican a continuación:

- Product Backlog: Lista ordenada del trabajo que debe realizarse. Cada elemento de la lista recibe el nombre de Product Backlog Item (PBI). El responsable de esta lista es el Product Owner.
- Sprint Backlog: Conjunto de PBIs seleccionados para un Sprint. Lo define el Development Team.
- Incremento: Suma de todos los PBIs completados durante un Sprint.

El mayor de los inconvenientes ha estado relacionado con el hecho de que cualquier problema se hace más difícil de resolver al no disponer de un equipo en el que apoyarse, de igual forma el proceso de aprendizaje se ralentiza al no tener iguales de los que aprender tanto de sus aciertos como de sus errores.

Siguiendo el orden indicado en el apartado [4.3 Planificación](#) se han ido estableciendo Sprints de dos semanas de duración cada uno. De esta manera, cada día se repetía el mismo proceso de forma iterativa: reflexionar sobre lo desarrollado el día anterior, analizar los problemas y/o necesidades surgidos y las expectativas para ese día.

## 4.2 Fases de trabajo

Este proyecto se ha estructurado en las siguientes fases de trabajo, algunas de las cuales han sido desarrolladas de forma secuencial y otras de forma transversal durante todo el proceso de desarrollo.

- Aprendizaje del desarrollo de aplicaciones en Realidad Aumentada con Unity3D y Vuforia: Tomando como fuente de información el Máster Realidad Aumentada con Unity 3D, Vuforia y C# ([Udemy, 2019](#)) se ha aprendido lo necesario para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada con Unity3D y Vuforia para Android. Esta fase se ha dividido en las siguientes tareas:
  - Construcción de proyectos para Android.
  - Introducción a la realidad aumentada.
  - Introducción a Vuforia y configuraciones.
  - Herramienta Image Target.
- Definición del back-end de la aplicación: El back-end es la parte de la aplicación encargada de recibir las solicitudes de la parte front-end así como de proporcionarle la información solicitada. La idea inicial era implementar el back-end como una API REST que interactúa con el front-end recuperando la información de otra API o base de datos de la Universidad de Málaga o, en caso de no existir como finalmente ha sucedido, simular un origen de datos.

- Implementación del back-end de la aplicación: Durante esta fase se lleva a cabo del desarrollo de la API REST y de la base de datos que simula el origen de la información, diferenciándose las siguientes tareas:
  - o Creación de la base de datos MySQL.
  - o Creación de la API REST en CodeIgniter.
- Definición del front-end de la aplicación: Fase dedicada a analizar las distintas webs de la Universidad de Málaga para decidir la información que se considera más relevante para mostrar en la aplicación. Para esta fase se han establecido las tareas:
  - o Análisis de webs de la UMA.
  - o Identificación de información.
  - o Definición y diseño de ventanas.
- Estudio y generación de patrones: La generación de patrones era uno de los retos para desarrollar este proyecto. Sin embargo este proceso se ha simplificado gracias a la página "AUGMENTED REALITY MARKER GENERATOR" ([Brosvision, 2013](#)) que permite configurar y generar de una forma rápida y sencilla marcadores reconocibles por Vuforia gracias a los cuales se puede implementar perfectamente la funcionalidad de la aplicación. Esta fase ha estado dividida en dos tareas:
  - o Estudio de herramientas de generación de patrones.
  - o Generación de marcadores.
- Implementación del front-end de la aplicación: Es la fase con más peso del proyecto en la que se desarrolla el front-end o interfaz de la aplicación para ser utilizado en dispositivos con sistema operativo Android. El desarrollo de esta fase ha implicado la realización de las siguientes tareas:
  - o Desarrollo de la arquitectura del front-end.
  - o Implementación del mecanismo de detección de marcadores.
  - o Desarrollo de la ventana principal.
  - o Desarrollo del módulo de Centros.
  - o Desarrollo del módulo de Departamentos.
  - o Desarrollo del módulo de Despachos.
- Elaboración de la memoria del proyecto: A medida que se va avanzando en cada fase se ha ido actualizando el documento con la memoria del proyecto, dejando un número de horas al final del proyecto para finalizar los puntos pendientes y hacer un repaso general de la documentación.

### 4.3 Planificación

Puesto que el número total de horas para la realización del Trabajo Final de Grado es de doscientas noventa y seis (296), cada fase se ha planificado asignándole el siguiente número de horas:

Tabla 8: Fases del proyecto

FASE	HORAS
Aprendizaje del desarrollo de aplicaciones en Realidad Aumentada con Unity3D y Vuforia	56
Definición del back-end de la aplicación	16
Implementación del back-end de la aplicación	16
Definición del front-end de la aplicación	32
Estudio y generación de patrones	16
Implementación del front-end de la aplicación	120
Elaboración de la memoria del proyecto	40

Considerando las tareas de cada fase como objetivos de los Sprints, la distribución en el tiempo se puede ver en las siguientes tablas:

Tabla 9: Sprint 1

	Duración	25/11/2019	26/11/2019	27/11/2019	28/11/2019	29/11/2019	30/11/2019	01/12/2019	02/12/2019	03/12/2019	04/12/2019	05/12/2019	06/12/2019	07/12/2019	08/12/2019
<b>Sprint 1</b>	<b>32</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>
Construcción de proyectos para Android	8	2	2	2	2										
Introducción a la realidad aumentada	21					2	3	3	2	2	2	2	2	3	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 10: Sprint 2

	Duración	09/12/2019	10/12/2019	11/12/2019	12/12/2019	13/12/2019	14/12/2019	15/12/2019	16/12/2019	17/12/2019	18/12/2019	19/12/2019	20/12/2019	21/12/2019	22/12/2019
<b>Sprint 2</b>	<b>30</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>
Introducción a Vuforia y configuraciones	10	2	2	2	2	2									
Herramienta Image Target	17						2	3	2	2	2	2	2	2	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 11: Sprint 3

	Duración	07/01/2020	08/01/2020	09/01/2020	10/01/2020	11/01/2020	12/01/2020	13/01/2020	14/01/2020	15/01/2020	16/01/2020	17/01/2020	18/01/2020	19/01/2020
<b>Sprint 3</b>	<b>35</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>
Definición del back-end	16	2	2	2	2	4	4							
Creación de la base de datos MySQL	4							2	2					
Creación de la API REST CodeIgniter	12									3	3	3	3	
Actualización de la memoria	3													3

Tabla 12: Sprint 4

	Duración	20/01/2020	21/01/2020	22/01/2020	23/01/2020	24/01/2020	25/01/2020	26/01/2020	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020	30/01/2020	31/01/2020	01/02/2020	02/02/2020
<b>Sprint 4</b>	<b>35</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	<b>X</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>
Análisis de webs de la UMA	8	2	2	2	2										
Identificación de información	6					2	4								
Definición y diseño de ventanas	18							4	2	2	2	2	2	4	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 13: Sprint 5

		Duración													
		03/02/2020	04/02/2020	05/02/2020	06/02/2020	07/02/2020	08/02/2020	09/02/2020	10/02/2020	11/02/2020	12/02/2020	13/02/2020	14/02/2020	15/02/2020	16/02/2020
Sprint 5	32	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Estudio de herramientas de generación de patrones	10	2	2	2	2	2									
Generación de marcadores	6						3	3							
Desarrollo de la arquitectura del front-end	13								2	2	2	2	2	3	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 14: Sprint 6

		Duración													
		17/02/2020	18/02/2020	19/02/2020	20/02/2020	21/02/2020	22/02/2020	23/02/2020	24/02/2020	25/02/2020	26/02/2020	27/02/2020	28/02/2020	29/02/2020	01/03/2020
Sprint 6	32	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Implementación del mecanismo de detección de marcadores	16	2	2	2	2	2	3	3							
Desarrollo de la ventana principal	13								2	2	2	2	2	3	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 15: Sprint 7

		Duración													
		02/03/2020	03/03/2020	04/03/2020	05/03/2020	06/03/2020	07/03/2020	08/03/2020	09/03/2020	10/03/2020	11/03/2020	12/03/2020	13/03/2020	14/03/2020	15/03/2020
Sprint 7	32	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Desarrollo del módulo de Centros	29	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 16: Sprint 8

		Duración													
		16/03/2020	17/03/2020	18/03/2020	19/03/2020	20/03/2020	21/03/2020	22/03/2020	23/03/2020	24/03/2020	25/03/2020	26/03/2020	27/03/2020	28/03/2020	29/03/2020
Sprint 8	32	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Desarrollo del módulo de Departamentos	29	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	3	
Actualización de la memoria	3														3

Tabla 17: Sprint 9

		Duración													
		30/03/2020	31/03/2020	01/04/2020	02/04/2020	03/04/2020	04/04/2020	05/04/2020	06/04/2020	07/04/2020	08/04/2020	09/04/2020	10/04/2020	11/04/2020	12/04/2020
Sprint 9	36	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Desarrollo del módulo de Despachos	20	2	2	2	2	2	3	3	2	2					
Actualización de la memoria	16										3	3	3	3	4

#### 4.4 Pruebas

Se han realizado pruebas para verificar el comportamiento indicado en el [Manual de usuario](#) utilizando los dispositivos:

- Xiaomi Mi5s con Android 8.
- Huawei P20 Lite con Android 9.
- Huawei P30 Lite con Android 10.
- Xiaomi Mi9 con Android 10.
- Samsung Galaxy A70 con Android 10.

# 5

## Conclusiones y líneas futuras

En primer lugar, destacar el resultado obtenido ha sido muy satisfactorio, ya que al comienzo del proyecto había bastantes dudas por resolver para poder llevar a cabo el proyecto y, aunque hay funcionalidades susceptibles de mejora, la aplicación que se ha desarrollado cumple con las expectativas.

Las dudas a las que se hacía referencia anteriormente se debían a la falta de experiencia en el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada en Android y con Vuforia, así como al rendimiento de la aplicación en dispositivos móviles, ya que mi experiencia en este campo era con aplicaciones de realidad mixta para HoloLens.

Otra de las dudas que tenía era si podría desarrollar las consultas más o menos complejas que eran necesarias en CodeIgniter con PHP, ya que acaba de aprender esta tecnología y no estaba seguro si estaría a la altura para conseguir los objetivos del proyecto.

Estas dudas se disiparon, se han conseguido los objetivos, he desarrollado la capacidad para desarrollar aplicaciones de realidad aumentada y he profundizado en mis conocimientos de CodeIgniter con PHP, sobre todo en lo que se refiere al desarrollo de consultas complejas.

Sobre el futuro de la aplicación, el margen para seguir creciendo es amplio:

- Puede mostrar más información del profesorado, como proyectos en los que participa, horarios de clase, etc.
- Podría convertirse en una aplicación multiidioma.

- Podría dar el salto para generar imagen estéreo y utilizarla empleando gafas de realidad virtual.
- Manteniendo su misma arquitectura y estructura, podría emplearse para mostrar otro tipo de información, por ejemplo:
  - Se podrían poner marcadores en las paradas de autobús para recibir en nuestros dispositivos información más variada y completa de la que actualmente muestran las marquesinas.
  - Se podrían poner marcadores en los hospitales y recibir en la palma de nuestra mano toda la información necesaria del hospital, incluso trazar los caminos para moverse dentro de los mismos.
- Solo está disponible para Android, podría desarrollarse para iOS o para otros sistemas operativos que se impongan en el futuro.
- Utilizar el geoposicionamiento para mostrar directamente que se ha detectado un centro concreto.

# 6

## Manual de usuario

### 6.1 Introducción

En este apartado se explican las distintas ventanas de la aplicación, su funcionamiento y la forma de navegar entre ellas.

Al lanzar la aplicación, se muestra visión actual de la cámara del dispositivo móvil, este es el punto de entrada a la aplicación. Para mostrar la información, se deberá apuntar la cámara a un marcador, habiendo tres tipos de marcadores diferentes: marcador de centro, marcador de departamento y marcador de despacho. Según el marcador al que se haya apuntado la cámara, se mostrará la ventana de información correspondiente.

### 6.2 Ventana de información de centro

Se muestra cuando la cámara se apunta a un marcador de centro como, por ejemplo, el de la Figura 25, sonando una alerta ([InspectorJ, 2016](#)) para indicar al usuario que se ha reconocido un marcador.

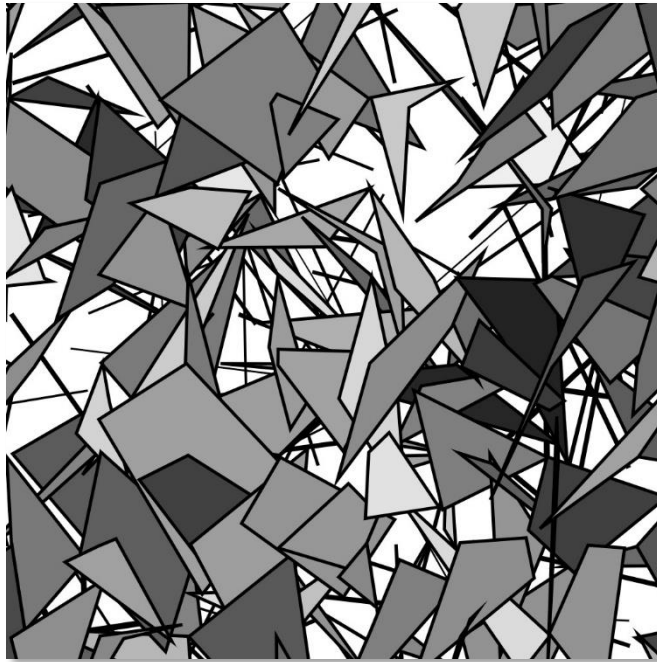


Figura 25: Marcador de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, generado con [\(Brosvision, 2013\)](#)

El aspecto de la ventana se muestra en la Figura 26:

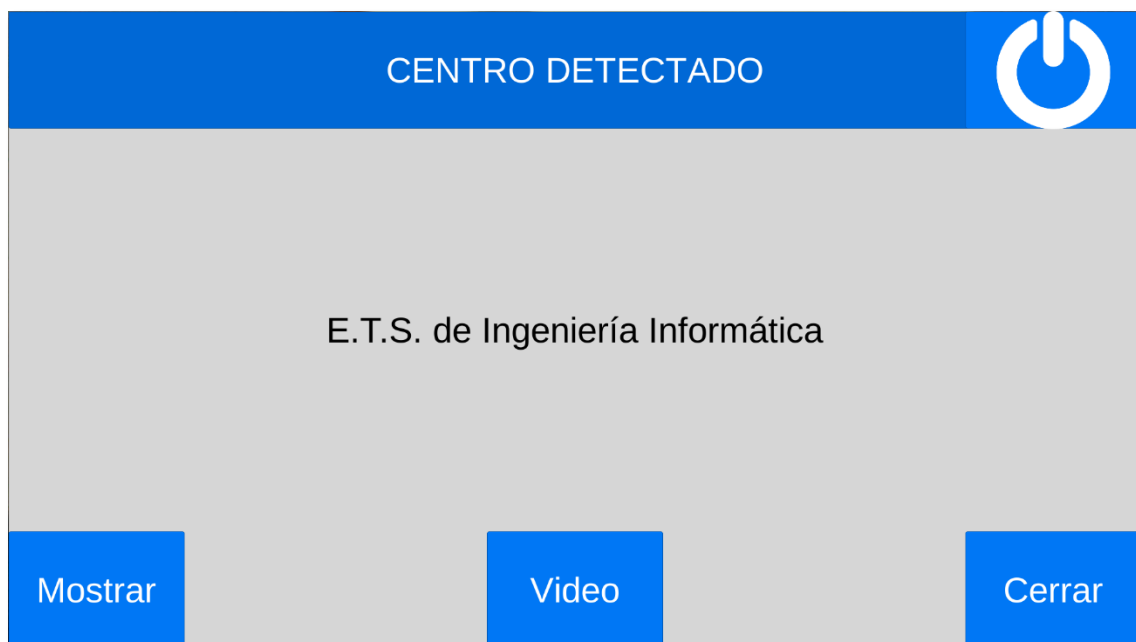


Figura 26: Ventana de información de centro

En la parte central de la zona superior de la ventana se indica que se ha detectado un



centro y en la zona superior derecha se muestra el botón cuya funcionalidad es cerrar la aplicación. Es común a todas las ventanas y muestra la imagen "Apagar

Icono" ([Freepik, Apagar Icono](#)). Tanto al pulsar este botón como cualquier otro de la aplicación, suena el sonido "Wet Click" ([Breviceps, 2008](#)).

En el centro de la ventana, se muestra el nombre del centro detectado.

En la parte inferior se muestran los siguientes botones, cuyo funcionamiento se muestra a continuación:

- Mostrar** Abre la ventana de centro correspondiente para mostrar la información del centro que ha detectado.
- Video** Muestra el vídeo de presentación del centro que se ha detectado, siempre que éste esté disponible, como se muestra en la Figura 27:



Figura 27: Visualización del vídeo de un centro

En caso de que un centro no disponga de vídeo de presentación, este botón permanecerá oculto.

- Cerrar** Cierra la ventana, mostrando la ventana inicial con la visión de la cámara del dispositivo.

### 6.3 Ventana de centro

Se hace visible cuando se detecta un marcador de centro o cuando se pulsa el



botón , que muestra la imagen "Volver Flecha" ([Freepik, Volver Flecha](#)), en la ventana de departamento. El aspecto de la ventana se muestra en la Figura 28:



Figura 28: Ventana de centro

En la parte superior se muestra el logotipo del centro detectado y, a ambos lados de la ventana, se muestran los siguientes botones, cuyo funcionamiento se muestra a continuación:

Director/a

Muestra información del director o de la directora del centro en la parte central de la ventana, como se puede comprobar en la Figura 29:



Figura 29: Director/a de un centro

Secretaría

Como se observa en la Figura 30, muestra el contacto telefónico bajo la imagen "Llamada Telefónica" ([Eucalypt, Llamada Telefónica](#)) y el horario de atención al alumnado de la secretaría del centro bajo la imagen "Programar" ([Flat Icons, Programar](#)).



Figura 30: Secretaría de un centro

Biblioteca

Como se observa en la Figura 31, muestra el contacto telefónico y el horario de atención al alumnado de la biblioteca del centro.

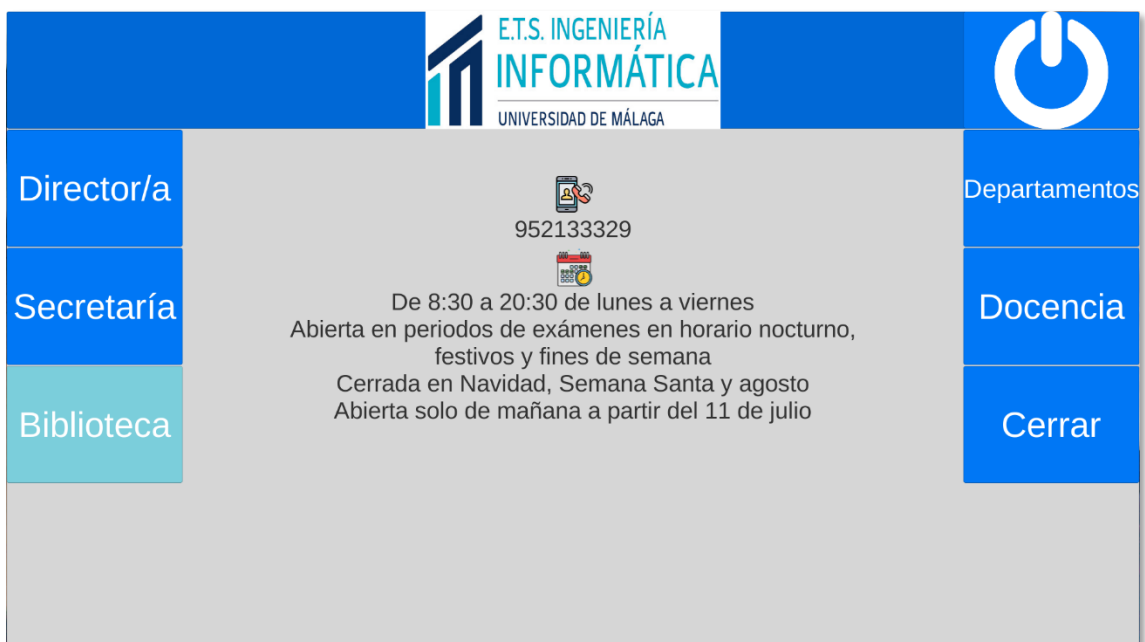


Figura 31: Biblioteca de un centro

Departamentos

Como se observa en la Figura 32, muestra el listado de departamentos que imparten docencia en el centro.

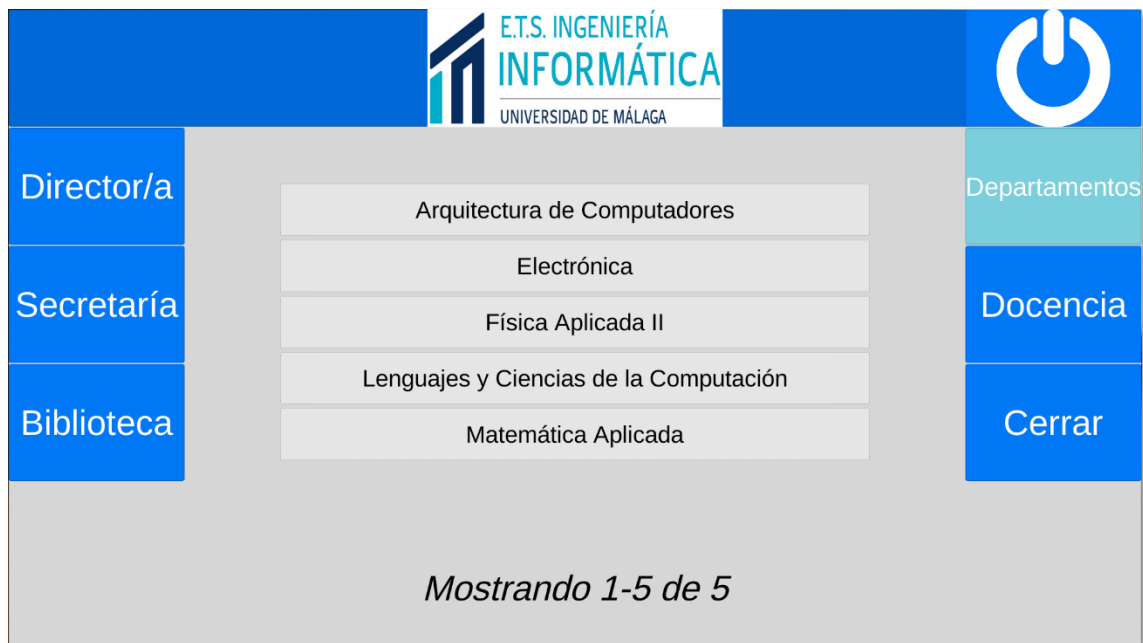


Figura 32: Departamentos de un centro

En caso de que el número de departamentos sea superior a cinco, aparecerán en la parte inferior unos botones de paginación con flechas para desplazarnos entre los distintos resultados como los que se muestran en la Figura 33 y en la Figura 34.

Cuando se pulsa sobre un elemento de la lista de departamentos, se muestra la ventana de departamento con la información correspondiente al departamento seleccionado.

**Docencia** Muestra el listado de los distintos estudios que se imparten en el centro, como se puede observar en la Figura 33.



Figura 33: Primera página del listado de estudios de un centro

De igual forma que ocurre para el listado de departamentos, cuando el número de estudios que se imparten en el centro es superior a cinco, aparecen unos botones de paginación con flechas para desplazarnos entre los distintos resultados. Al pulsar el



botón [\(Freepik, Flecha Siguiente\)](#), se mostrarían los cinco resultados siguientes, como se puede observar en la Figura 34.



Figura 34: Última página del listado de estudios de un centro



Al pulsar el botón [\(Pixel perfect, Flecha Izquierda\)](#), se mostrarían los cinco resultados anteriores.



Cierra la ventana, mostrando la ventana inicial con la visión de la cámara del dispositivo.

## 6.4 Ventana de información de departamento

Se muestra cuando la cámara se apunta a un marcador de departamento, como, por ejemplo, el de la Figura 35, sonando una alerta para indicar al usuario que se ha reconocido un marcador.

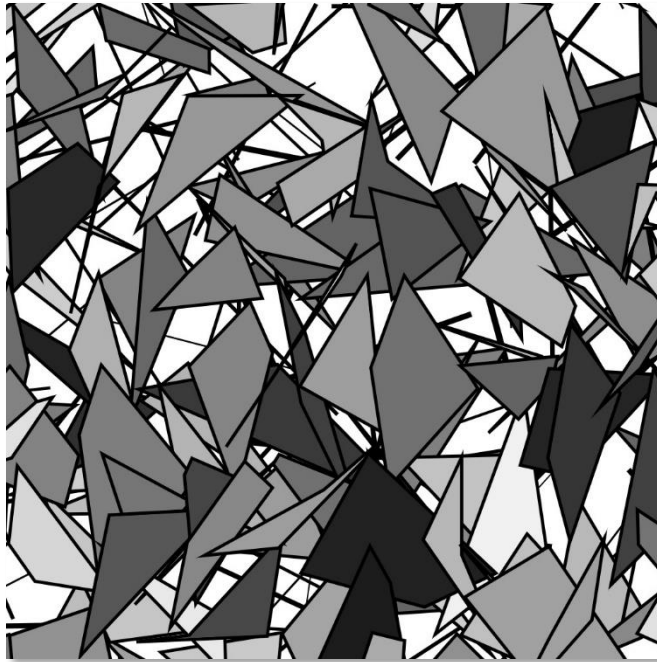


Figura 35: Marcador del departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación, generado con [\(Brosvision, 2013\)](#)

El aspecto de la ventana se muestra en la Figura 36:

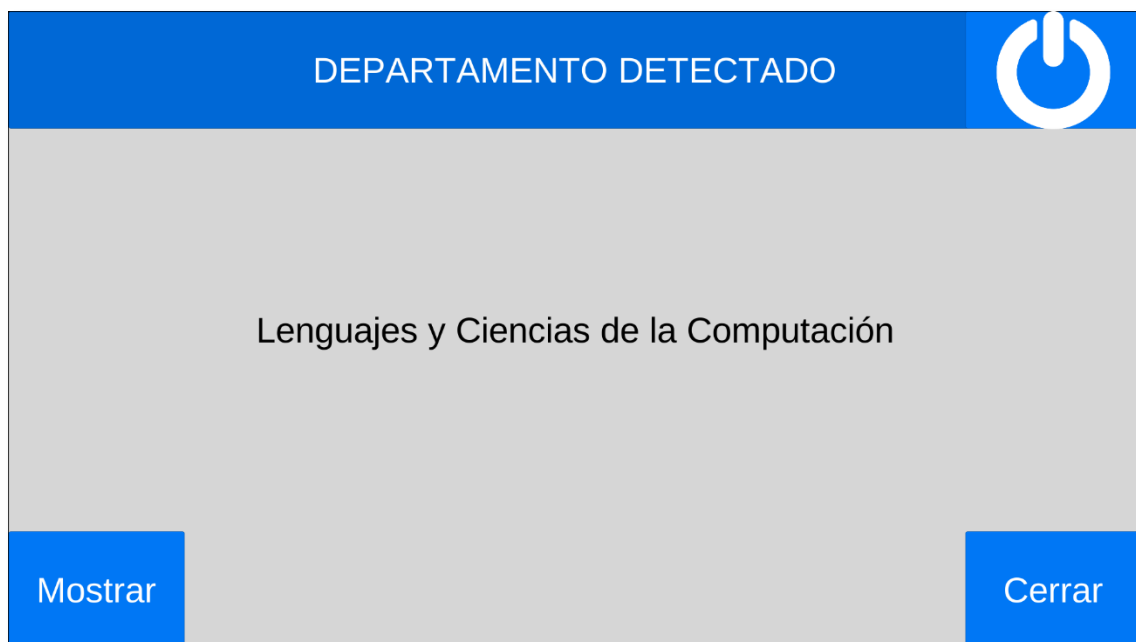


Figura 36: Ventana de información de departamento

En la parte superior se indica que se ha detectado un departamento y, en el centro de la ventana, se muestra el nombre del departamento detectado.

En la parte inferior se muestran los siguientes botones, cuyo funcionamiento se muestra a continuación:

Mostrar

Abre la ventana de departamento correspondiente para mostrar la información del departamento que ha detectado.

Cerrar

Cierra la ventana, mostrando la ventana inicial con la visión de la cámara del dispositivo.

## 6.5 Ventana de departamento

Se muestra cuando se detecta un marcador de departamento, como en la Figura 37, cuando se selecciona un departamento de la lista de departamentos de la ventana

de centro, como en la Figura 38, o cuando se pulsa el botón



en la ventana de despachos.

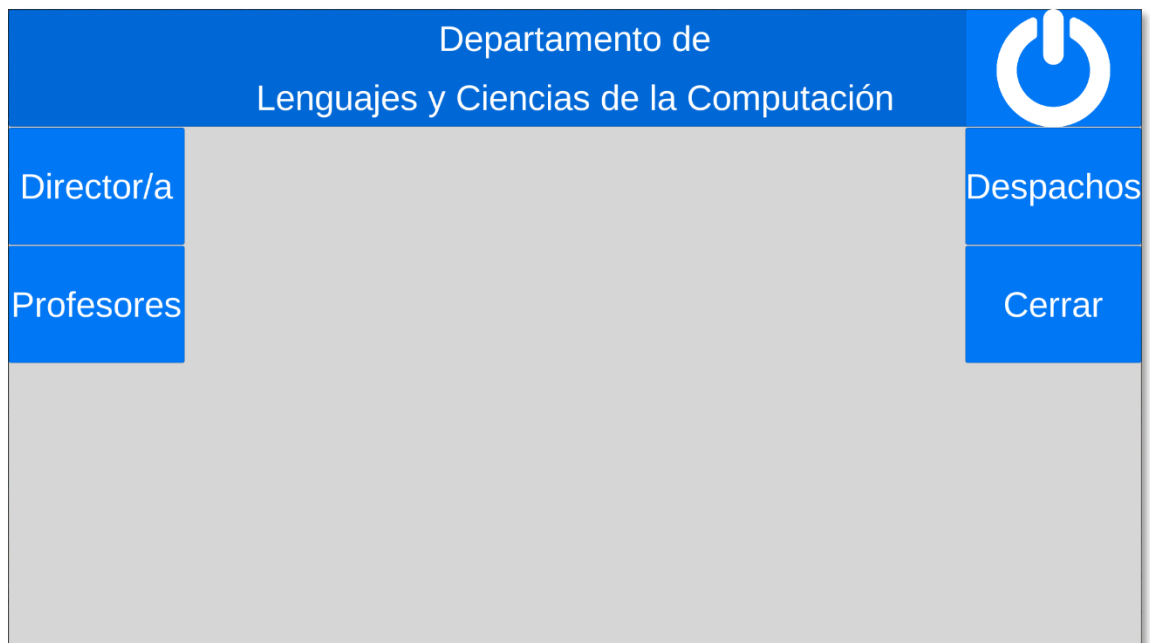


Figura 37: Ventana de departamento (desde marcador)

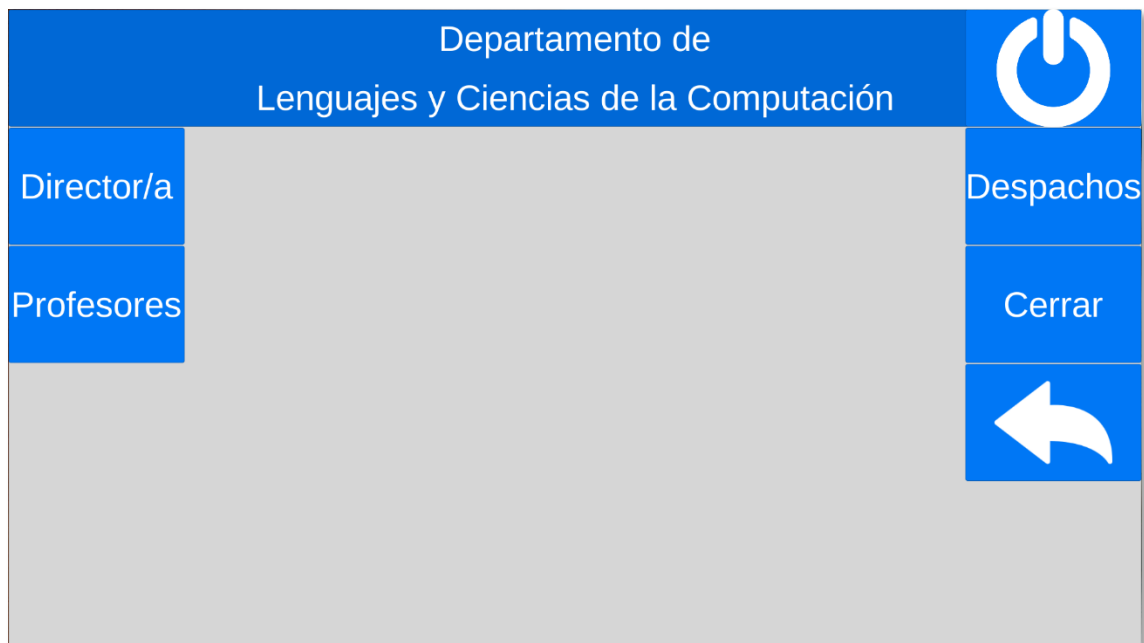


Figura 38: Ventana de departamentos (desde centro)

En la parte superior se muestra el nombre del departamento detectado y, a ambos lados de la ventana, se muestran los siguientes botones, cuyo funcionamiento se muestra a continuación:

**Director/a** Muestra información del director o de la directora del departamento en el centro de la ventana, como se puede comprobar en la Figura 39:

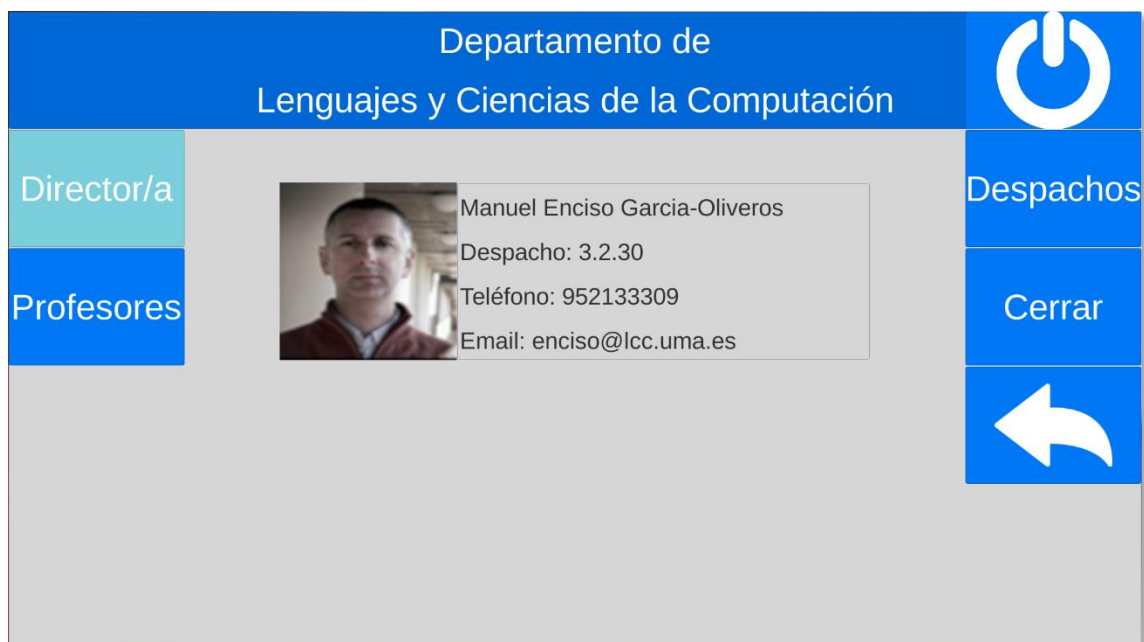


Figura 39: Director/a de un departamento

Profesores

Muestra el listado de profesores que imparte alguna asignatura del departamento, como en la Figura 40:

Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación	
Director/a	 Isaac Agudo Ruiz Despacho: 3.2.44 Teléfono: Email: isaac@lcc.uma.es
Profesores	 Enrique Alba Torres Despacho: 3.2.12 Teléfono: 952132803 Email: eat@lcc.uma.es
<i>Mostrando 1-2 de 104</i>	

Figura 40: Profesores de un departamento

Igual que ocurre con otros listados, aparecen unos botones de paginación con flechas para desplazarnos entre los distintos resultados. En este caso aparecen cuando un departamento tiene más de dos profesores.

Despachos


Muestra el listado de despachos pertenecientes al departamento, como se observa en la Figura 41.


Departamento de Lenguajes y Ciencias de la Computación	
Director/a	3.2.15
Profesores	3.2.23
	3.2.28
	3.2.30
	3.2.31
<i>Mostrando 6-10 de 19</i>	

Figura 41: Despachos de un departamento

De igual forma que ocurre para otros listados, cuando el número de despachos del departamento es superior a cinco, aparecen unos botones de paginación con flechas para desplazarnos entre los distintos resultados.

Cuando se pulsa sobre un elemento de la lista de despachos, se muestra la ventana de despacho con la información correspondiente al despacho seleccionado.

 Cierra la ventana, mostrando la ventana inicial con la visión de la cámara del dispositivo.

 Solo se muestra cuando se selecciona un departamento en la ventana de centro y se navega desde esta ventana. Cierra la ventana y muestra la ventana de centro desde la que se accedió a la ventana de departamento.

## 6.6 Ventana de información de despacho

Se muestra cuando la cámara se apunta a un marcador de despacho, como , por ejemplo, el de la Figura 42, sonando una alerta para indicar al usuario que se ha reconocido un marcador.

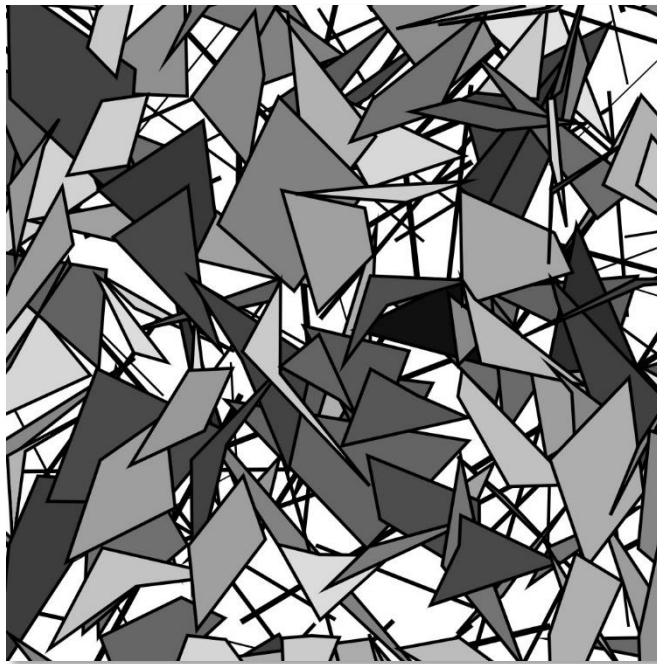


Figura 42: Marcador del despacho 3.2.28, generado con [\(Brosvision, 2013\)](#)

El aspecto de la ventana se muestra en la Figura 43:

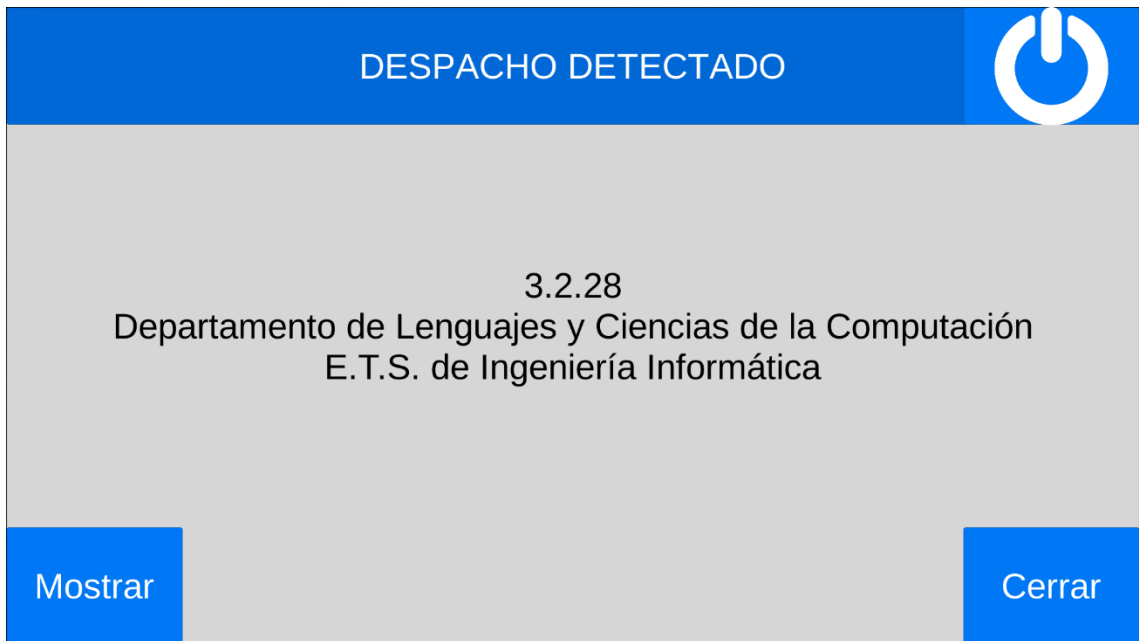
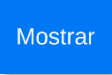



Figura 43: Ventana de información de despacho

En la parte superior se indica que se ha detectado un despacho y, en el centro de la ventana, se muestra el número del despacho detectado seguido del departamento al que pertenece y el centro en el que se encuentra.

En la parte inferior se muestran los siguientes botones, cuyo funcionamiento se muestra a continuación:

- |   |  |
|---|--|
|  | Abre la ventana de despacho correspondiente para mostrar la información del despacho que ha detectado. |
|  | Cierra la ventana, mostrando la ventana inicial con la visión de la cámara del dispositivo.            |

## 6.7 Ventana de despacho

Se muestra cuando se detecta un marcador de despacho, como en la Figura 44 o cuando se selecciona un despacho en el listado de despachos de la ventana de departamento, como en la Figura 45.

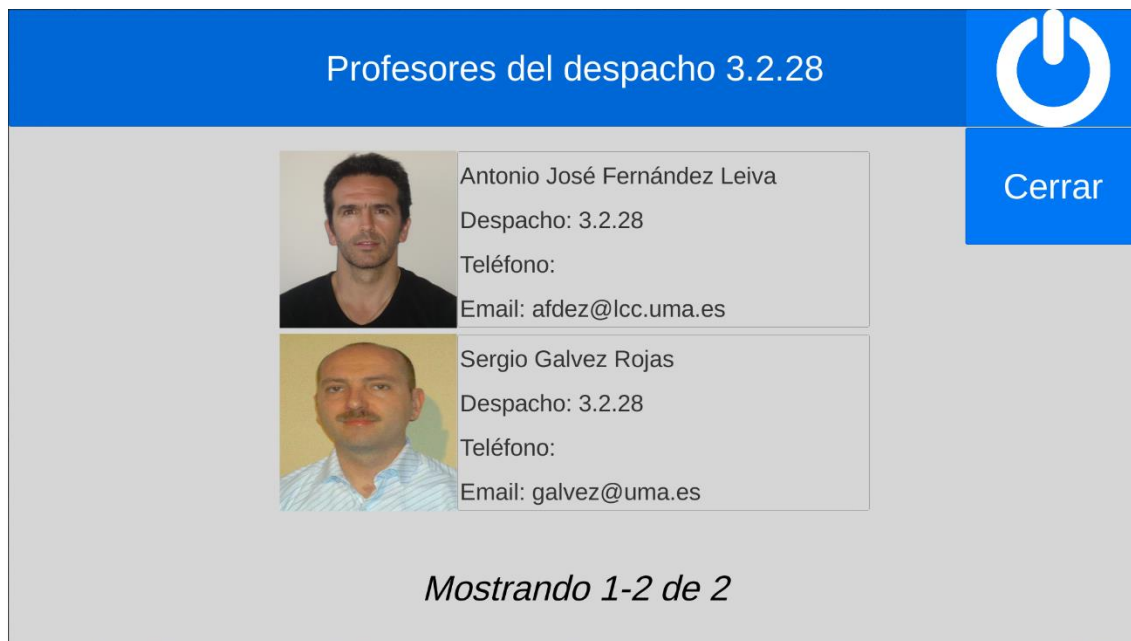


Figura 44: Ventana de despacho (desde marcador)

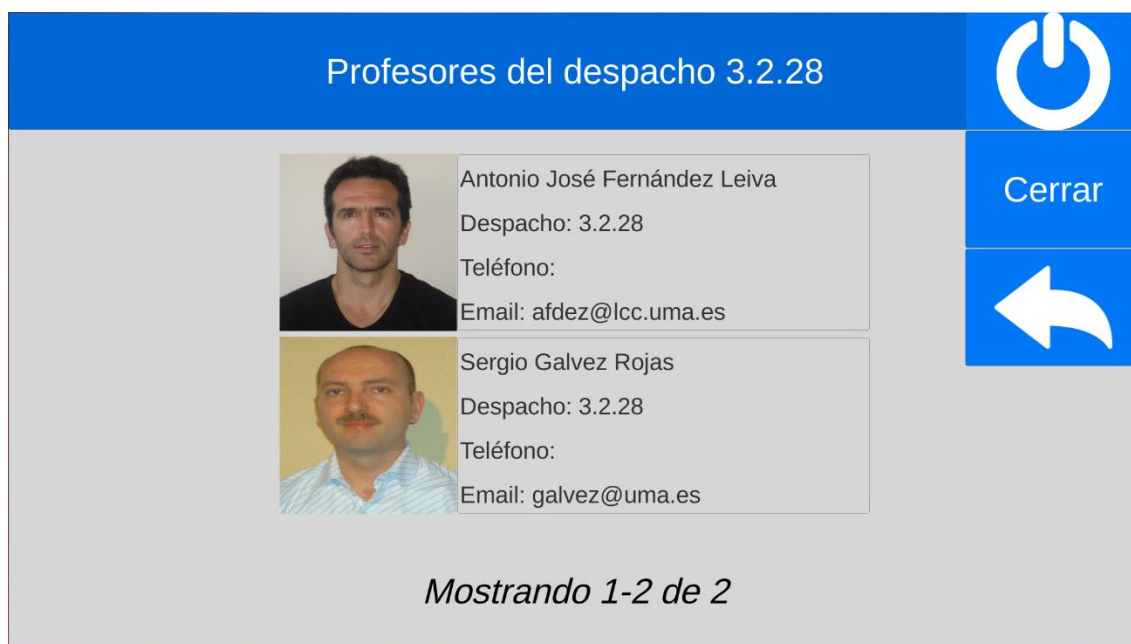



Figura 45: Ventana de despacho (desde departamento)


En la parte superior se muestra el número del despacho y, en la parte central, muestra un listado con los profesores que pertenecen al despacho, mostrando para cada uno de ellos:

- Fotografía
- Nombre y apellidos
- Despacho al que pertenece
- Teléfono
- Dirección de correo electrónico

De igual forma que ocurre para otros listados, aparecen unos botones de paginación con flechas para desplazarnos entre los distintos resultados. En este caso, aparecen cuando a un despacho pertenecen más de dos profesores.

A ambos lados de la ventana, se muestran los siguientes botones, cuyo funcionamiento se muestra a continuación:

 Cierra la ventana, mostrando la ventana inicial con la visión de la cámara del dispositivo.

 Solo se muestra cuando se selecciona un despacho en la ventana de departamento y se navega desde esta ventana. Cierra la ventana y muestra la ventana de departamento desde la que se accedió a la ventana de despacho.



# Referencias

- Apache Friends (2020). XAMPP (Accedido el 19 de enero de 2020).  
<https://www.apachefriends.org/es/index.html>
- Breviceps (2008). Wet Click. <https://freesound.org/people/Breviceps/sounds/448080/>
- British Columbia Institute of Technology (2019). CodeIgniter User Guide (Accedido el 19 de enero de 2020). <https://www.udemy.com/course/draft/1515712/>
- Brosvision (2013). AUGMENTED REALITY MARKER GENERATOR.  
<https://www.brosvision.com/ar-marker-generator/>
- CriarWeb S.L. (2020). Desarrolloweb. Apache (Accedido el 19 de enero de 2020).  
<https://desarrolloweb.com/home/apache>
- Dominic Sunnebo (2020). Ventas de Smartphones: el iPhone 11 impulsa las ventas de Apple a nivel mundial (Accedido el 2 de febrero de 2020).  
<https://es.kantar.com/tech/m%C3%B3vil/2020/enero-2020-cuota-de-mercado-de-smartphones/>
- Eucalyp. Llamada Telefónica. [https://www.flaticon.es/icono-gratis/llamada-telefonica\\_1560153?term=phone%20call&page=9&position=55](https://www.flaticon.es/icono-gratis/llamada-telefonica_1560153?term=phone%20call&page=9&position=55)
- Flat Icons. Programar. [https://www.flaticon.es/icono-gratis/programar\\_1497835?term=calendario&page=1&position=14](https://www.flaticon.es/icono-gratis/programar_1497835?term=calendario&page=1&position=14)
- Flightradar24 AB (2020). Flightradar24 Rastreador de vuelos (Accedido el 8 de abril de 2020).  
[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.flightradar24free&hl=es\\_419](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.flightradar24free&hl=es_419)
- Freepik. Apagar Icono. [https://www.flaticon.es/icono-gratis/apagar-icono\\_63769?term=power%20off&page=1&position=26#](https://www.flaticon.es/icono-gratis/apagar-icono_63769?term=power%20off&page=1&position=26#)
- Freepik. Flecha Siguiente. [https://www.flaticon.es/icono-gratis/flecha-siguiente\\_20927?term=flecha%20siguiente&page=1&position=25](https://www.flaticon.es/icono-gratis/flecha-siguiente_20927?term=flecha%20siguiente&page=1&position=25)
- Freepik. Volver Flecha. [https://www.flaticon.es/icono-gratis/volver-flecha\\_17699?term=go%20back%20arrow&page=1&position=6](https://www.flaticon.es/icono-gratis/volver-flecha_17699?term=go%20back%20arrow&page=1&position=6)

- InspectorJ (2016). Hand Bells, D, Single.wav.  
<https://freesound.org/people/InspectorJ/sounds/339813/>
- Ken Schwaber, Jeff Sutherland (2018). The Scrum Guide.  
<https://www.scrumguides.org/scrum-guide.html>
- Laura Sacristán (2020). Ocho aplicaciones gratis de Realidad Aumentada para Android (Accedido el 16 de febrero de 2020).  
<https://www.xatakandroid.com/aplicaciones-android/aplicaciones-gratis-realidad-aumentada-para-android>
- Microsoft (2015). Introducción al lenguaje C# y .NET Framework (Accedido el 16 de febrero de 2020). <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework>
- Microsoft (2020). Visual Studio. (Accedido el 16 de febrero de 2020).  
<https://visualstudio.microsoft.com/es/free-developer-offers/>
- Niantic, Inc. (2020). Pokémon GO (Accedido el 8 de abril de 2020).  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nianticlabs.pokemongo&hl=es>
- Pixel perfect. Flecha Izquierda. [https://www.flaticon.es/icono-gratis/flecha-izquierda\\_626027?term=flecha%20anterior&page=1&position=41](https://www.flaticon.es/icono-gratis/flecha-izquierda_626027?term=flecha%20anterior&page=1&position=41)
- Postman (2020). <https://www.postman.com/>
- PTC, Inc. (2020). Vuforia Developer Portal. <https://developer.vuforia.com/>
- The PHP Group (2020). ¿Qué es PHP? (Accedido el 2 de febrero de 2020).  
<https://www.php.net/manual/es/intro-what-is.php>
- Udemy (2019). Máster Realidad Aumentada con Unity 3D, Vuforia y C#. <https://codeigniter.com/userguide3/index.html>
- Universidad de Málaga (2020). <http://www.uma.es>
- Vito Technology (2020). Star Walk 2 Free: Atlas del cielo y Planetas (Accedido el 8 de abril de 2020).  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vitotechnology.StarWalk2Free&hl=es>
- Wikipedia (2020). MySQL (Accedido el 19 de enero de 2020).  
<https://es.wikipedia.org/wiki/MySQL>
- Wikipedia (2020). Unity (motor de videojuego) (Accedido el 2 de febrero de 2020).  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motor\\_de\\_videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_videojuego))

Wikipedia (2020). Vuforia Augmented Reality SDK (Accedido el 16 de febrero de 2020).  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(motor\\_de\\_videojuego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_videojuego))



# Apéndice A

## Manual de Instalación

### Requerimientos:

Para poder instalar ARAInfoUMA es necesario disponer de un dispositivo móvil (smartphone o tablet) con, al menos, el sistema operativo Android 4.1 'Jelly Bean' (API level 16) instalado.

### Instalación:

El proceso de instalación es muy sencillo, similar al proceso de instalación de cualquier otra aplicación en Android. Una vez que se tenga acceso al paquete ARAInfoUMA.apk y se haya seleccionado, comienza el proceso:

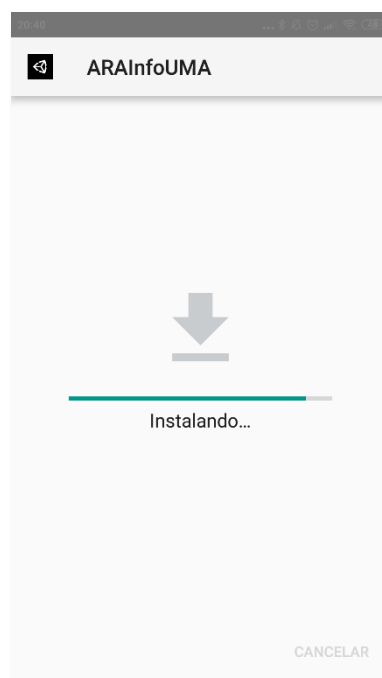


Figura 46: Instalación en dispositivo

Si aparece el mensaje de advertencia de la Figura 47, se pulsa INSTALAR DE TODAS FORMAS y continúa la instalación:

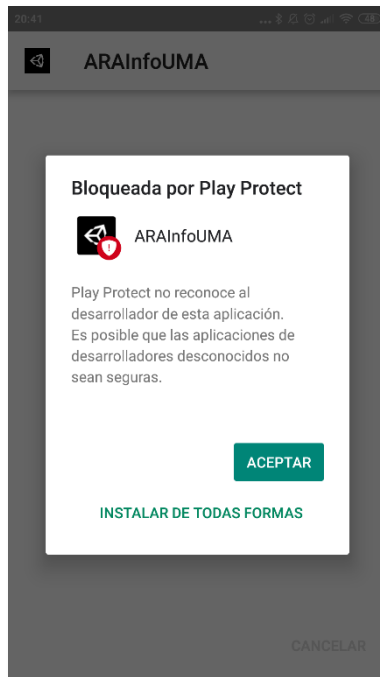


Figura 47: Mensaje de advertencia

Una vez que la aplicación se ha instalado, nos ofrece la posibilidad de abrirla pulsando sobre Abrir:

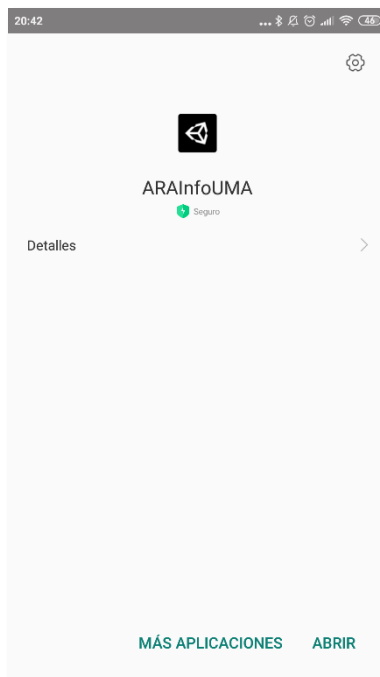


Figura 48: Aplicación instalada

La primera vez que se abre, nos solicita autorización para los permisos que le son necesarios a la aplicación. Se pulsa sobre PERMITIR:

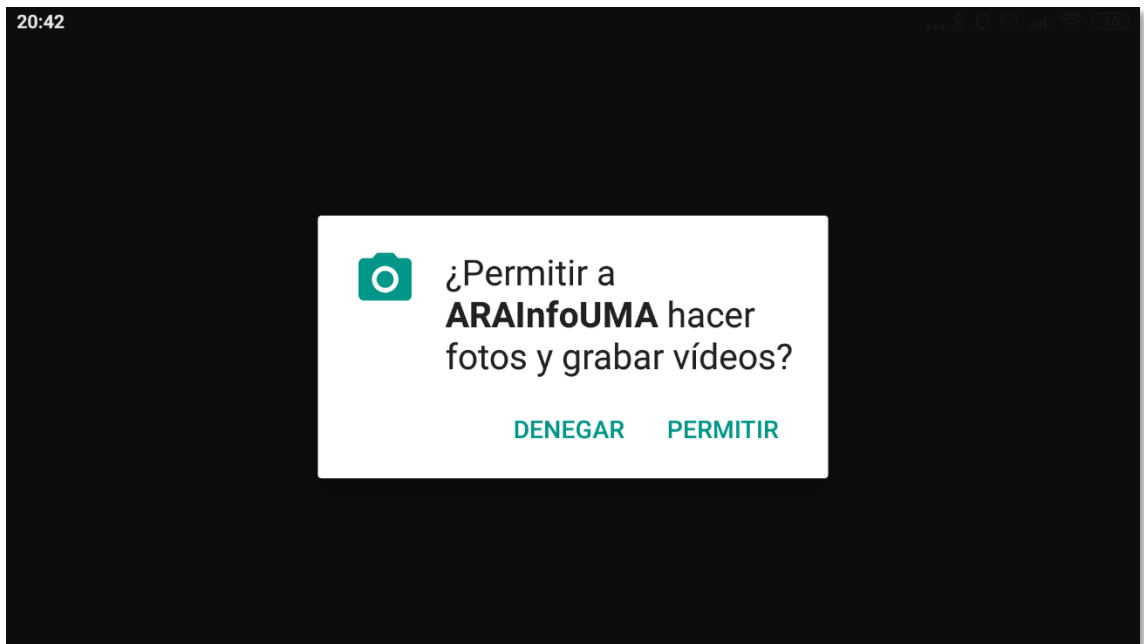


Figura 49: Solicitud de permisos

Se abre la aplicación para comenzar a detectar marcadores:

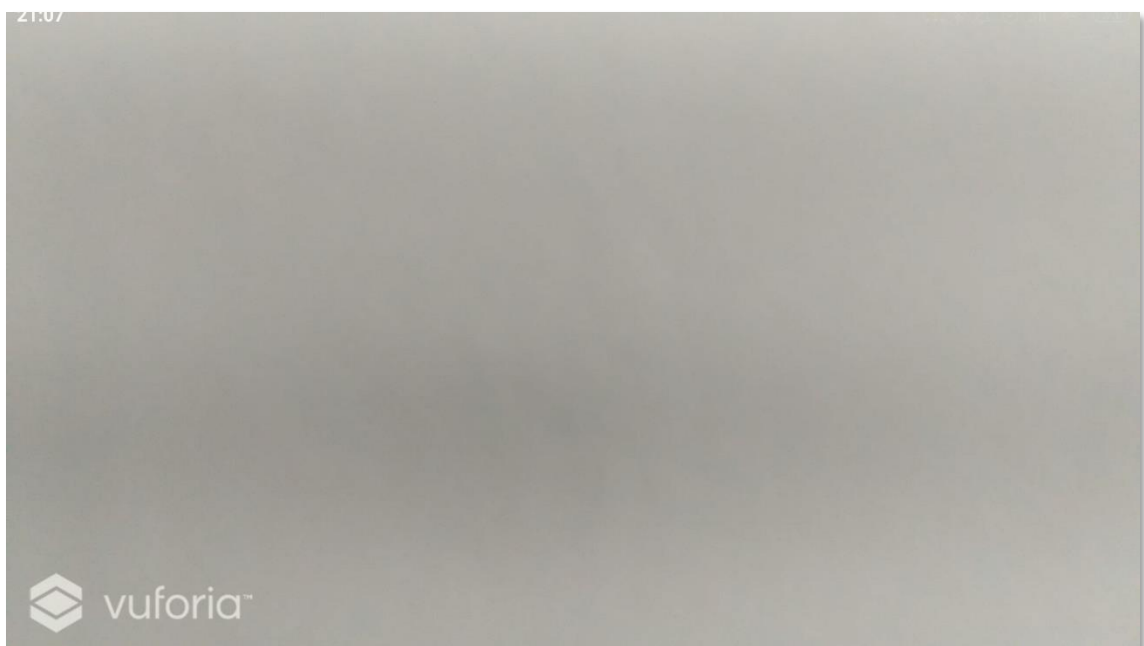


Figura 50: Ventana inicial de ARAInfoUMA