



Universidad
Rey Juan Carlos

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática

Desarrollo de servicios REST para una aplicación de red social con reconocimiento de rostros

Memoria del Trabajo Fin de Grado
en Ingeniería Informática

Autor: Agustín Daniel Schöler Allub

Tutor: José Francisco Vélez Serrano

Agosto 2018

Agradecimientos

Quiero agradecer sus consejos a Pablo Viniegra Picazo y a Vanessa Krebs Carretero.

Quiero agradecer a Jorge Aranda García y a Patricia de Gregorio Ruiz el tiempo que han compartido conmigo estos 4 años.

Quiero agradecer sus contribuciones a todos los desarrolladores de software libre que me han proporcionado herramientas para realizar este trabajo.

Finalmente, quiero agradecer su paciencia a mi familia durante el transcurso de la carrera.

Resumen

En este TFG se pretende realizar una red social que permita al usuario realizar publicaciones, tener amistades dentro de la aplicación, comentar las publicaciones de sus amistades y, de forma novedosa, mediante técnicas de Visión Artificial, etiquetar a las personas que aparecen en las fotografías que el usuario sube. Este TFG se centra en la parte del servidor de la red social y se hace coordinado con otro TFG que se encarga de la parte de la interfaz del usuario.

Para la realización de este TFG se han desarrollado dos servicios REST. Por una parte, un servicio realizado en Spring Framework encargado de la lógica de la aplicación. Por otra parte, un servicio realizado con Python, encargado de la Visión Artificial de la aplicación, responsable de realizar las sugerencias al usuario sobre las publicaciones que realiza en la aplicación. Ambos servicios utilizan una Base de Datos MySQL y se apoyan en el estándar HTTP. Se encuentran desplegados en un Servidor Virtual Privado, y los dominios están cifrados con certificados SSL.

La totalidad de la aplicación está subida a GitHub en este enlace: https://github.com/PatriciadeGregorio/TFG_Back y es posible acceder a ella en esta dirección: <https://artvify.es>. En esta dirección se encuentra la interfaz de usuario realizada en el TFG mencionado anteriormente, si se quiere acceder a cualquiera de los dos servicios desarrollados en este TFG basta con acceder a esta dirección: <https://artvify.es/api/> en el caso del servicio que se encarga de la lógica de la aplicación o a esta dirección: <https://artvify.es/py/> en el caso del servicio encargado de las sugerencias a usuarios.

Al final de este proyecto se ha conseguido tener dos servicios REST que se encargan de atender peticiones HTTP realizadas por el lado cliente. Ambos servicios mantienen la persistencia de la aplicación gracias a una Base de Datos la cual se encuentra alojada en el mismo servidor que los servicios.

Índice general

1	Introducción	5
1.1	Motivación	5
1.2	Estado del arte	5
1.3	Objetivos	9
1.4	Estructura de la memoria	9
2	Análisis	11
2.1	Documento de especificación de requisitos.	11
2.1.1	Requisitos funcionales	11
2.1.2	Requisitos no funcionales	14
2.2	Diagrama de casos de uso	16
2.3	Recursos utilizados	17
2.3.1	Servidor Virtual Privado	17
2.3.2	Dominio y certificado SSL	19
2.3.3	Otros recursos	19
3	Diseño e implementación	21
3.1	Herramientas utilizadas	21
3.1.1	Hardware	21
3.1.2	Software	21
3.2	Arquitectura del software	24
3.2.1	Servicio de gestión de la lógica de la aplicación	24
3.2.2	Servicio de reconocimiento facial	33
4	Métricas	39
4.1	Tiempo empleado en el desarrollo del proyecto	39
4.2	Métricas relativas a la implementación	42
5	Conclusiones	49
5.1	Objetivos cumplidos	49
5.2	Futuros trabajos	51

Índice de figuras

1.2.1	Captura de la cámara en OpenCV	8
1.2.2	Captura de la cámara en SimpleCV	8
2.2.1	Diagrama de casos de uso (Servicio de gestión de la lógica de la aplicación)	17
2.2.2	Diagrama de casos de uso (Servicio de gestión de la lógica de la aplicación)	18
2.2.3	Diagrama de casos de uso (Servicio de reconocimiento facial)	19
3.2.1	Estructura del proyecto	25
3.2.2	Diagrama del servicio en Spring	26
3.2.3	Diagrama Entidad-Relación	27
3.2.4	Swagger UI	30
3.2.5	Flujo de datos de OAuth2.0 con token JWT	31
3.2.6	Diagrama de actividad de la subida de fotos	35
3.2.7	Tabla de adaptadores para Bottle	37
4.1.1	Diagrama de Gantt sobre las fases del desarrollo.	43
4.2.1	Primer análisis de SonarQube sobre la aplicación	45
4.2.2	Segundo análisis de SonarQube sobre la aplicación	46
4.2.3	Tercer análisis de SonarQube sobre la aplicación.	47
5.2.1	Microservicios en Spring	52

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se explicará la motivación que ha llevado a realizar este Trabajo Fin de Grado (TFG), se comentará el estado del arte al respecto y se plantearán los objetivos.

1.1. Motivación

Con este TFG se pretende presentar una red social que aporte algo más de lo que aportan redes sociales conocidas como Twitter o Instagram. Ambas dos, dan la posibilidad de realizar publicaciones que incluyen fotos, pero en última instancia el usuario es el que indica quién aparece en dichas fotos. En este TFG se quiere realizar sugerencias acerca de las fotos que sube el usuario a la red social.

Con respecto a lo que se hablaba en el párrafo anterior y coincidiendo con la asignatura de Visión Artificial realizada este último año de carrera, se quiere incluir la posibilidad de que el sistema sea capaz de realizar sugerencias sobre quién aparece en la publicación que el usuario sube. Además, el sistema debe ser capaz de aprender de ello de manera que, cuanta más actividad tenga el usuario, mejores sugerencias realizará la aplicación.

Además, este TFG logra una meta personal del autor: desarrollar una aplicación web en su totalidad. A través de las diferentes asignaturas del Grado en Ingeniería Informática de la Universidad Rey Juan Carlos, se han propuesto muchas tareas relacionadas con esta meta, pero completar el desarrollo siempre parecía quedar como una tarea pendiente.

Las tareas de desarrollo, junto con las tareas de búsqueda y asimilación de documentación, y la posibilidad de ser autodidacta han sido también unos ejes importantes de motivación.

1.2. Estado del arte

Por lo dicho anteriormente, se intuyen las soluciones que pueden llegar a cubrir el problema que se desea abordar en este Trabajo de Fin de Grado.

Durante el desarrollo se ha optado por herramientas con las que el autor tenía experiencia y además que estuviesen a la orden del día. Es importante esto último, dado que las herramientas deben contar con una documentación consistente y deben encontrarse actualizadas.

Lógica de la aplicación web

Actualmente, existen multitud de herramientas informáticas que se encargan del lado servidor en una aplicación web. Con casi total probabilidad la más conocida sea el lenguaje de programación PHP, muchas veces viene preinstalado en la mayoría de sistemas. Además, para desarrollar en el lado servidor se suele utilizar un framework de PHP. Uno de los más famosos es CakePHP, que proporciona una arquitectura MVC y es de código abierto. CakePHP provee de capas de abstracción con respecto a las consultas contra la Base de Datos, para la gestión de errores, para la conexión entre modelo y vista. Todo ello, hace que CakePHP sea una herramienta adecuada para el desarrollo del lado servidor

En este contexto, también sería necesario nombrar a Java, lenguaje fuertemente tipado y orientado a objetos. Sin duda, para hablar de Java y del lado servidor, o lógica de la aplicación web, hay que hablar de Spring Framework. Es de los framework más antiguos en este campo, pero sigue siendo, a día de hoy, el más popular entre los desarrolladores web. Consta de módulos que facilitan el trabajo a los desarrolladores.

Antes de hablar a fondo sobre los módulos de Spring framework, es necesario hablar de Spring en sí. Spring Framework sigue tres pasos a la hora del desarrollo:

1. Creación de un proyecto Maven/Gradle
2. Desarrollo de la aplicación web
3. Despliegue de la aplicación web en un servidor

Maven y Gradle son asistentes que facilitan la creación de proyectos Java y proporcionan herramientas para la gestión de dependencias. Existen diferencias consustanciales entre Maven y Gradle, como se puede ver en este artículo [14]. Pero, a fin de cuentas, las dos herramientas tienen la misma finalidad. Posteriormente se procede al desarrollo de la aplicación web y por último para que la aplicación esté al servicio del cliente, es necesario el despliegue en un servidor.

Spring Framework, da la posibilidad de la creación de controladores utilizando las anotaciones, entre otras funcionalidades. Las anotaciones son directrices para controlar el comportamiento de Spring. Dichas directrices comienzan por el símbolo '@' seguido de la instrucción que se desee ejecutar. Spring Framework [25] también es capaz de transformar los objetos en un formato de texto concreto, como JSON, mediante serializadores como Jackson con el fin de poder comunicarse debidamente con el lado del cliente. También proporciona directrices que ayudan a la comunicación con la Base de Datos, con un par de anotaciones en las clases es capaz de indicarle a la Base de Datos cómo deben guardarse los datos y de qué forma, independientemente del tipo de Base de Datos (relacional o no relacional).

Además, existen diferentes tipos de anotaciones dependiendo de la necesidad del desarrollador: a nivel de método, a nivel de clase o a nivel de atributo.

En otro orden de cosas, se tienen los módulos de Spring Framework. Los más destacados son:

- Spring Boot [23]: Antes se ha hablado de que existen tres pasos a seguir para el desarrollo del lado servidor. El módulo Spring Boot de Spring Framework se encarga

de simplificar esos pasos. Es decir, a fin de cuentas, los pasos 1 y 3 no requieren del desarrollador para ser ejecutados. Spring Boot se encarga de automatizar los pasos 1 y 3 para centrar todo el esfuerzo en la realización del código de la aplicación. Se puede ver con más detalle en este Blog [1]

- Spring MVC [26]: Este módulo hace referencia al Modelo-Vista-Controlador. Es el módulo más antiguo de Spring, fue de los primeros en incluirse. Fue el módulo que introdujo la arquitectura MVC.
- Spring Data [24]: Proporciona una capa de abstracción a Spring MVC, simplificando la conexión con la Base de Datos y facilitando las funciones de persistencia, manteniendo las funciones CRUD propias de estas, gracias a los DAO (Data Access Object), entre otras funciones.

Spring, en combinación con los módulos descritos, da la capacidad de la definición sencilla de Beans, que luego serán traducidos a un fichero XML de configuración de la aplicación. Un Bean en Spring es un objeto que ha sido configurado e instanciado en el contenedor de Spring. Dichos beans, permanecerán en la aplicación web hasta que el propio desarrollador los destruya. El propio desarrollador define beans mediante anotaciones que luego se traduce en ficheros XML que Spring interpreta e integra en la aplicación web.

Por otra parte, se tiene Python, lenguaje de programación bastante sencillo, orientado a objetos y débilmente tipado. Normalmente viene instalado de serie en la mayoría de sistemas Linux. De nuevo: el potencial de Python a la hora del desarrollo web reside en los framework. En este caso se destacan tres: Django, Flask y Bottle.

Django es posiblemente el framework de referencia si se decide utilizar Python para el desarrollo de la lógica de una aplicación web. Proporciona arquitectura MVC, herramientas que ayudan a la autenticación en la aplicación web y es de código abierto. Por otro lado, se tiene Flask, sigue el mismo camino que Django, se trata de un framework de Python basado en Werkzeug y Jinja2. Werkzeug es una biblioteca de utilidades para WSGI de Python y Jinja2 es un motor de sistemas de plantillas inspirado en Django. Por último, se tiene Bottle. Bottle es bastante parecido a Flask. Es un microframework (al igual que Flask) basado en WSGI que sigue también la arquitectura MVC.

En otro orden de cosas, Python también se ha utilizado para la Visión Artificial, en concreto existen bibliotecas para el desarrollo de la Visión Artificial en Python.

En primer lugar, se tiene OpenCV, biblioteca de código abierto, tiene interfaces en Java, Python y C++, además de estar soportado en Windows, Linux y Mac OS. Esta biblioteca está desarrollada en C/C++, por lo que da la posibilidad de tomar ventaja del procesamiento con múltiples núcleos. Esta biblioteca cuenta con una gran popularidad entre los desarrolladores como corrobora su propio equipo de desarrollo [Adopted all around the world, OpenCV has more than 47 thousand people of user community and estimated number of downloads exceeding 14 million 16].

En otro orden de cosas, se tiene Scikit-Image, biblioteca de código abierto construida sobre NumPy, SciPy y matplotlib especializada en el Machine Learning. Esta biblioteca no tiene soporte para las redes neuronales, aunque existen otras implementaciones de algoritmos de Machine Learning como la clasificación, la regresión o la predicción.

Por último, se va a hablar de SimpleCV. SimpleCV es un framework de código abierto que tiene como núcleo a OpenCV. Esta biblioteca se enfoca en proporcionar una introducción fácil y simple a la Visión Artificial. Por ejemplo, En la Figura 1.2.1 y 1.2.2 de

```
import numpy as np
import cv2

cap = cv2.VideoCapture(0)

while(True):
    # Capture frame-by-frame
    ret, frame = cap.read()

    # Our operations on the frame come here
    gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # Display the resulting frame
    cv2.imshow('frame',gray)
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

# When everything done, release the capture
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Figura 1.2.1: Captura de la cámara en OpenCV

```
from SimpleCV import Camera
# Initialize the camera
cam = Camera()
# Loop to continuously get images
while True:
    # Get Image from camera
    img = cam.getImage()
    # Make image black and white
    img = img.binarize()
    # Draw the text "Hello World" on image
    img.drawText("Hello World!")
    # Show the image
    img.show()
```

Figura 1.2.2: Captura de la cámara en SimpleCV

dos fragmentos de código pertenecientes a los tutoriales de OpenCV [17] y de la página web de SimpleCV [22], se puede ver como realizar acciones sobre los frames es mucho más simple y limpio en SimpleCV que en OpenCV.

Por último, se tiene JavaScript, lenguaje sencillo bastante parecido a Java, débilmente tipado y orientado a objetos. Normalmente se conoce a JavaScript por su utilidad en el lado cliente de las aplicaciones, pero en este caso se va a hablar de él en el lado del servidor. Si se habla de JavaScript en el lado del servidor, entonces se tiene que hablar de NodeJS. NodeJS es un entorno en tiempo de ejecución en JavaScript en el lado del servidor. Este entorno por si solo no es que tenga menos utilidad que los frameworks que se han nombrado anteriormente, pero es una gran base para un framework web. La lógica a la hora de desarrollar el lado servidor no es diferente al que se usa en las herramientas anteriores. La diferencia reside en la facilidad que proporciona JavaScript a la hora del desarrollo. NodeJS tiene, indirectamente, la facilidad que proporciona JavaScript a la

hora de programar. No contiene la dificultad que presenta Java a la hora del tipado. Por ejemplo, mientras que en Java se tiene que modificar el tipo de lo que devuelve una función porque el cliente necesita otra lógica en la respuesta, en NodeJS bastaría con agregar lo que se necesita en el objeto a devolver.

1.3. Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo principal, el desarrollo de un servicio que ofrezca las funciones necesarias para construir una red social. Dicho objetivo principal puede desglosarse en diferentes objetivos específicos:

- Proporcionar al lado cliente una serie de servicios que le provea los recursos que necesita para: gestionar usuarios, gestionar el inicio de sesión y el registro de los usuarios, gestionar la realización de publicaciones, realizar sugerencias a los usuarios y gestionar la realización de comentarios en las publicaciones.
- Diseñar un servicio sencillo e intuitivo que ofrezca los servicios de red social.
- Proporcionar al lado cliente una documentación consistente acerca de la aplicación, en particular: documentación referente al servicio de gestión de la red social y referente al servicio encargado de la Visión Artificial.
- Desarrollar un sistema de Visión Artificial que permita el reconocimiento facial en las personas que aparezcan en las fotos subidas a la red social.
- Desarrollar un servicio para el sistema de Visión Artificial de reconocimiento facial.
- Desarrollar un esquema de base de datos.
- Entender en profundidad lo que significa desarrollar un software desde cero.
- Tener un entorno en local para el desarrollo y un entorno en producción para probar lo desarrollado de cara al cliente.
- Realizar pruebas de los servicios desarrollados.
- Búsqueda y uso de herramientas que hagan posible la realización de los objetivos nombrados hasta ahora.

1.4. Estructura de la memoria

El resto de la memoria de este TFG se estructura de la siguiente manera:

- **Capítulo 2:** Análisis. En este capítulo se realiza una descripción completa del sistema que se desea construir.
- **Capítulo 3:** Diseño e implementación. En este capítulo se describe la solución que se creará para conseguir los objetivos y los requisitos que se han planteado previamente.

- **Capítulo 4:** Capítulo de experimentos, pruebas y métricas. En este capítulo se explican las métricas que se han acumulado durante el desarrollo del proyecto.
- **Capítulo 5.** Conclusiones. En este capítulo se explican cómo se han cumplido los objetivos que se detallaron al principio de la memoria.

Capítulo 2

Análisis

A continuación, se va a proceder a realizar un análisis detallado sobre el proyecto. En primer lugar, se realiza un listado (con su respectiva explicación) de requisitos tanto funcionales como no funcionales de la solución que se pretende desarrollar. Posteriormente, se presenta un diagrama de casos de uso, introduciendo el modelo del problema que se desea resolver. Finalmente se hace un análisis de los recursos utilizados desde diferentes puntos de vista.

2.1. Documento de especificación de requisitos.

Antes de empezar a enumerar los requisitos y a presentar una serie de aclaraciones con respecto a ellos, es necesario aclarar varios conceptos. Como introducción a los requisitos cabe destacar que el sistema que se especifica es un servicio y de la implementación correspondiente. Concretamente este servicio tiene dos partes, por una parte se tiene un servicio de gestión de la funcionalidad y lógica de la aplicación y por otra un servicio encargado del reconocimiento facial.

2.1.1. Requisitos funcionales

Se creyó conveniente separar los requisitos por secciones, al igual que los servicios separan la funcionalidad que ofrece por controladores.

Requisitos relacionados con los usuarios

- **RF01.U: Obtener un usuario.**
 - Requisito que hace referencia a obtener un determinado usuario
- **RF02.U: Obtener todos los usuarios.**
 - Requisito que hace referencia a obtener todos los usuarios que hay almacenados en la Base de Datos
- **RF03.U: Añadir un usuario**

- Requisito que hace referencia a añadir un determinado usuario a la Base de Datos
- **RF04.U: Editar un usuario**
 - Requisito que hace referencia a editar un determinado usuario de la Base de Datos
- **RF05.U: Eliminar un usuario**
 - Requisito que hacer referencia a eliminar un determinado usuario de la Base de Datos

Requisitos relacionados con las publicaciones

- **RF01.P: Obtener una publicación**
 - Requisito que hace referencia a obtener una determinada publicación de la Base de Datos
- **RF02.P: Obtener todas las publicaciones**
 - Requisito que hacer referencia a obtener todas las publicaciones almacenadas en la Base de Datos
- **RF03.P: Añadir una publicación**
 - Requisito que hace referencia a añadir una publicación a la Base de Datos
- **RF04.P: Editar una publicación**
 - Requisito que hace referencia a editar una determinada publicación
- **RF05.P: Eliminar una publicación**
 - Requisito que hace referencia a eliminar una determinada publicación de la Base de Datos

Requisitos relacionados con los comentarios

- **RF01.C: Obtener un determinado comentario**
 - Requisito que hace referencia a obtener un determinado comentario de la Base de Datos
- **RF02.C: Obtener todos los comentarios**
 - Requisito que hacer referencia a obtener todos los comentarios almacenados en la Base de Datos
- **RF03.C: Añadir un comentario**
 - Requisito que hace referencia a añadir un comentario a la Base de Datos

- **RF04.C: Editar un comentario**

- Requisito que hace referencia a editar un determinado comentario

- **RF05.C: Eliminar un comentario**

- Requisito que hace referencia a eliminar un determinado usuario

Requisitos relacionados con la búsqueda de usuarios dado un determinado criterio.

- **RF01.S: Buscar a un usuario dado su nombre completo**

- Requisito que hace referencia a buscar al usuario a través de la Base de Datos, teniendo en cuenta que el lado cliente nos proporciona el nombre completo de dicho usuario

- **RF02.S: Buscar a un usuario dado su nombre de usuario (*nick* o alias):**

- Requisito que hace referencia a buscar al usuario a través de la Base de Datos, teniendo en cuenta que el usuario nos proporciona su *nick* o alias.

Requisitos relacionados con el perfil de usuario.

- **RF01.PR: Obtener el perfil de un determinado usuario.**

- Requisito que hace referencia a obtener el perfil de un determinado usuario

- **RF02.PR: Editar el perfil de un determinado usuario**

- Requisito que hace referencia a editar el perfil de un determinado usuario

Requisitos relacionados con las relaciones de amistad.

- **RF01.F: Obtener un determinado amigo**

- Requisito que hace referencia a obtener un determinado amigo de la Base de Datos

- **RF02.F: Agregar un determinado amigo**

- Requisito que hace referencia a agregar a un amigo a la lista de amigos.

- **RF03.F: Eliminar un determinado amigo**

- Requisito que hace referencia a eliminar a un amigo de la lista de amigos.

- **RF04.F: Obtener las publicaciones de tus amigos**

- Requisito que hace referencia a obtener las publicaciones de todos tus amigos (ordenadas por fecha de subida)

- **RF05.F: Obtener todos tus amigos**

- Requisito que hace referencia a obtener todos los amigos de la lista de amigos
- **RF06.F: Obtener una sugerencia.**
 - Requisito que hace referencia a obtener una sugerencia teniendo en cuenta los amigos con los que has tenido contacto hasta el momento.

Requisitos relacionados con el inicio de sesión y el registro de usuarios.

- **RF01.LR: Iniciar sesión**
 - Requisito que hace referencia a, dado un nombre de usuario y una contraseña, iniciar sesión.
- **RF03.LR: Registrar a un determinado usuario**
 - Requisito que hace referencia a, dados una serie de datos que se requieren por parte del usuario, registrar a un determinado usuario dentro del sistema., con el objetivo de poder iniciar sesión.
- **RF04.LR: Obtener al usuario que ha iniciado sesión**
 - Requisito que hace referencia a obtener el usuario que ha iniciado sesión en ese momento.

Requisitos relacionados con el reconocimiento facial

- **RF01.VA: Obtener caras de una determinada foto**
 - Requisito que hace referencia a obtener las caras de las amistades de un determinado usuario en una foto
- **RF02.VA: Obtener sugerencias sobre las amistades de un determinado usuario**
 - Requisito que hace referencia a, dadas una serie de caras relacionadas con usuarios, obtener sugerencias para los usuarios.
- **RF03.VA: Enlazar caras con usuarios**
 - Requisito que hace referencia a la posibilidad de enlazar caras en una foto con un usuario.

2.1.2. Requisitos no funcionales

- **RNF01: Conexión estable a Internet**
 - Dado que el servicio es desplegado en un servidor virtual privado, es necesario que el usuario que pretenda hacer uso de dicho servicio esté conectado a Internet.
- **RNF02: Tiempo de respuesta razonable**

- Requisito no funcional imprescindible en un servicio de este tipo. Este requisito puede depender de otros factores, como el tipo de conexión que use el cliente a la hora de usar el servicio. Pero también es responsabilidad del desarrollador hacer que estos tiempos se reduzcan lo máximo posible. Mediante búsquedas eficientes, uso de estructuras de datos adecuadas, alojamiento con buenas prestaciones, procurando reducir la complejidad del código lo máximo posible, etc.
- **RNF03: Conexión estable a la Base de Datos**
 - En este caso, el servicio se conecta directamente a la Base de Datos para poder almacenar los datos. Una mala conexión a la Base de Datos implicaría directamente la inutilización del servicio REST.
- **RNF04: Disponibilidad de un servidor remoto donde poder desplegar el servicio**
 - El desarrollo del servicio REST se realiza en local, pero es necesario tener un alojamiento remoto donde poder desplegar el servicio. Es necesario que el cliente pueda utilizar el servicio esté donde esté. Como ya he dicho antes, en este caso se contrató un alojamiento de tipo VPS (Servidor Virtual Privado) Se decidió que el Sistema Operativo fuese un Debian GNU/Linux versión 9 (stretch), la cual es la versión más estable del SO.
- **RNF05: Concordancia con respecto al estándar HTTP**
 - Dado que los dos servicios a desarrollar son API REST, este requisito está implícito en la definición de una API REST. [REST es cualquier interfaz entre sistemas que use HTTP para obtener datos o generar operaciones sobre esos datos en todos los formatos posibles, como XML y JSON 3]. Recibir peticiones HTTP, interpretarlas y en función de ello contestar con una respuesta HTTP con las cabeceras adecuadas es crucial en un servicio de este tipo. Se entra en detalle en requisitos posteriores.
- **RNF06: Asegurar la disponibilidad, integridad y confidencialidad de los datos**
 - Requisito que hace referencia a cumplir los tres pilares básicos de la Seguridad Informática: disponibilidad, integridad y confidencialidad de la información. En un servicio de este tipo, y además enfocado hacia una plataforma de carácter social, es importante de cara al cliente asegurarse de que la información no se ve comprometida. Ello se consigue cifrando la información, utilizando certificados SSL proporcionados por alguna entidad certificadora, no dar a los usuarios ordinarios el poder de entrar a cualquier punto del servicio, poseer administradores que controlen la actividad de los usuarios ordinarios, etc.
- **RNF07: Recibir peticiones HTTP**
 - Requisito que hace referencia a la capacidad de recibir peticiones que siguen el estándar HTTP. Dichas peticiones tienen que pasar por los controles de seguridad del servicio. Por ejemplo, a todas las peticiones HTTP les precede una petición de tipo especial que establece las condiciones que se deben de

cumplir para que el servicio pueda intercambiar información. El servicio debe comprender dichas peticiones y actuar en consecuencia.

- **RNF08: Contestar peticiones HTTP**

- Requisito que hace referencia a la capacidad de responder peticiones que siguen el estándar HTTP. Siguiendo con lo dicho en el requisito **RNF07**, el servicio debe ser capaz de contestar esas peticiones y dejarle claras las condiciones al cliente para así poder empezar a intercambiar información.

- **RNF09: Mantenibilidad**

- Requisito que hace referencia a mantener la mantenibilidad del código. En este caso, la mantenibilidad del código está asegurada, como se ha dicho anteriormente, se usa para el desarrollo de la aplicación el entorno de programación derivado de Eclipse: Spring Tool Suite. Hace capaz el despliegue del servicio en un entorno local, donde modificar el código sin riesgo. Por otra parte, he asegurado la mantenibilidad separando el servicio internamente por controladores, los cuales sirven a diferentes tipos de peticiones. Pasa lo mismo con los archivos encargados de la configuración del servicio, acceso a la Base de Datos, encriptación de la información, etc.

- **RNF10: Documentación**

- Requisito que hace referencia a proporcionar documentación consistente al cliente, para que pueda hacer uso del servicio. Gracias al uso de Spring Boot, fue simple construir una documentación consistente gracias a Swagger [28]. Swagger analiza los paquetes existentes en el proyecto y genera la documentación del servicio. La documentación se genera en formato HTML y se puede llegar a ella fácilmente a través de cualquier navegador. Dicha documentación separa por secciones los diferentes controladores, con sus métodos, lo que necesita el método, etc. La documentación de Swagger incluso permite simular la petición pasando los datos pedidos.

- **RNF11: Escalabilidad**

- Requisito que hace referencia a que el servicio sea capaz de escalar debidamente. Por ejemplo, para incorporar más funcionalidades ser capaz de almacenar más información, atender peticiones desde diferentes orígenes, etc.

2.2. Diagrama de casos de uso

Una vez definido el documento de especificación de requisitos, se procede a la realización del modelo del problema que se desea resolver junto con el diagrama de casos de uso.

Solo existe un tipo de actor, que es el lado del cliente. Las acciones que realiza el servicio es la funcionalidad que el cliente puede usar. En la Figura 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3 se presentan los casos de uso derivados de los requisitos funcionales ya mencionados.

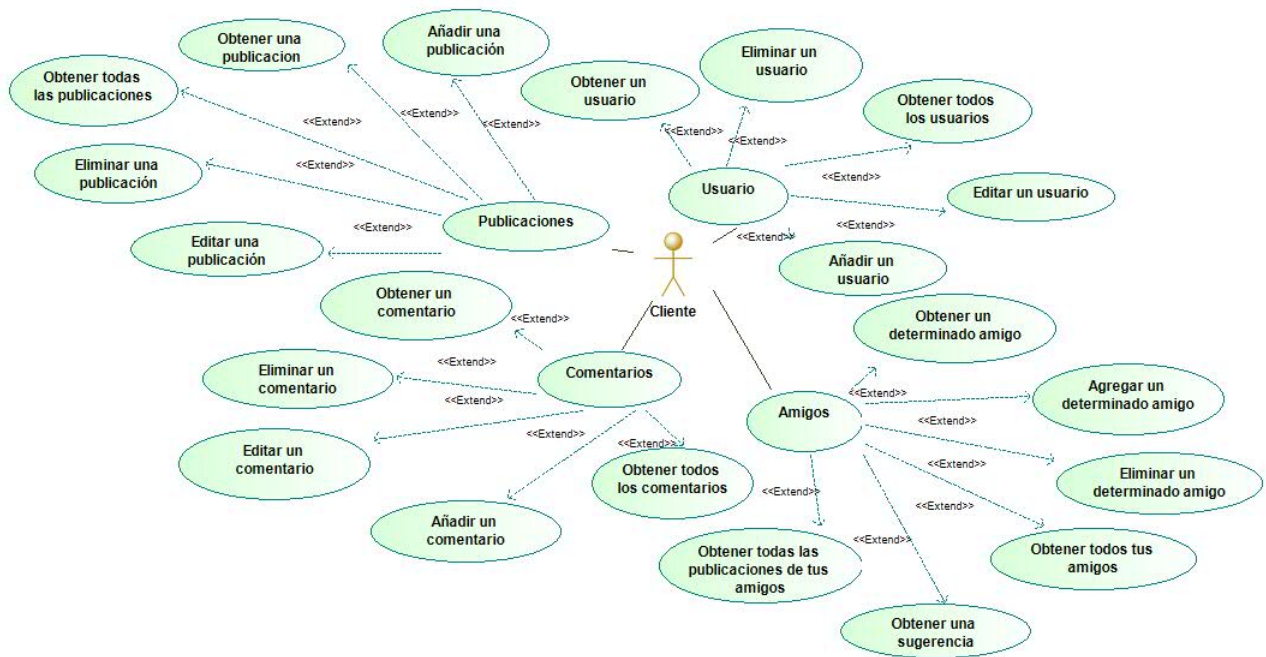


Figura 2.2.1: Diagrama de casos de uso (Servicio de gestión de la lógica de la aplicación)

2.3. Recursos utilizados

Antes de finalizar el análisis del proyecto desarrollado, es necesario hablar sobre los recursos utilizados. Ya se detallaron anteriormente las herramientas utilizadas en este proyecto. Pero han sido necesarios otros recursos importantes para poder llevar a cabo este proyecto.

2.3.1. Servidor Virtual Privado

Antes de entrar en detalles, comencemos en una pequeña definición extraída del soporte de GoDaddy[10], un distinguido proveedor de alojamientos web y dominios: [Al ocupar el espacio entre los formatos de alojamiento dedicado y compartido, un servidor virtual privado (VPS, por sus siglas en inglés) ofrece muchas de las capacidades y funciones de los servidores dedicados, incluyendo acceso a administrador (raíz) y direcciones IP dedicadas, pero a un precio mucho más bajo 21]. Es decir, un VPS no es más que un servidor dedicado de menos coste compartido con otros usuarios. Así que se decidió que podría ser una buena elección. El servidor no se contrató en GoDaddy, si no a una empresa francesa llamada OVH, proveedora de alojamiento web y dominios[19]. Del alojamiento que se ha contratado para la aplicación se destaca que consta con una interfaz de gestión para el cliente, impecable, con una gran usabilidad y con un diseño acorde al estilo de la página web de la empresa. Además, dicha interfaz hace posible poder reinstalar el servidor entero, reiniciarlo, cambiar de propietario, la posibilidad de mejorar el VPS, etc. Además, de información relativa al servidor como la localización, su IP, quien es el administrador, el tipo de SO, el estado del servidor, etc.

A la hora de contratar el servidor, se le pide al cliente que Sistema Operativo utilizar, se selecciona y la empresa proporciona las herramientas necesarias para empezar a utilizarlo. De hecho, este fue uno de los primeros pasos cuando se quiso abordar el problema especificado anteriormente, el contratar un alojamiento web.

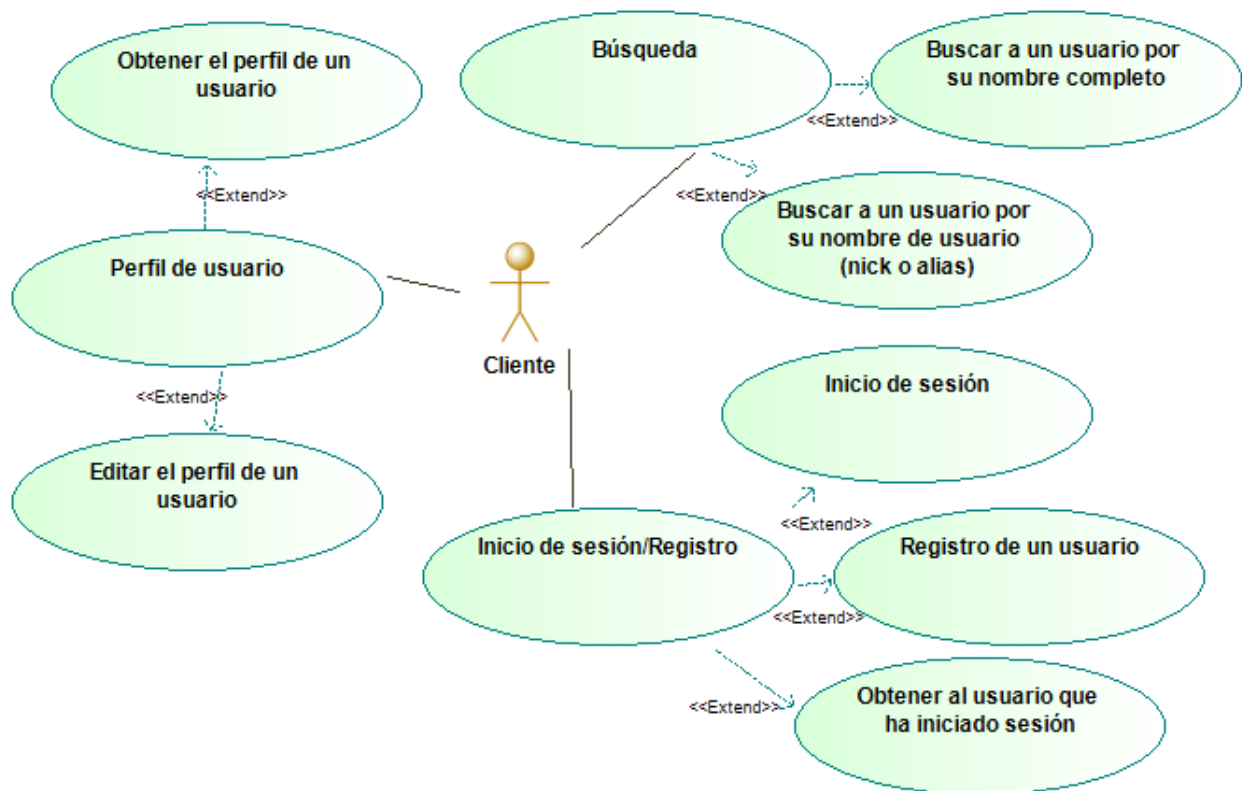


Figura 2.2.2: Diagrama de casos de uso (Servicio de gestión de la lógica de la aplicación)

Tomcat 8

Para que fuese posible el despliegue del servicio encargado de la gestión de la aplicación, era necesario un contenedor web donde poder desplegarla. Tomcat da la capacidad de desplegar aplicaciones web que vienen empaquetadas en formato WAR o JAR, dependiendo de lo que se quiera hacer. Tomcat provee un administrador donde poder ver las aplicaciones que se tienen desplegadas y su ruta de acceso. Por eso, mientras que en el local, durante el desarrollo en local de la aplicación se accede a la propia máquina (<http://localhost:8080>), en producción se accede al servicio a través de la IP remota del VPS, apuntando al puerto correspondiente y haciendo referencia a la aplicación web desplegada (<http://IP:8080/APP>). Tomcat casi siempre va en combinación de Apache, con el objetivo de configurar el proxy, del cual se hablará más adelante. La instalación de Tomcat 8 también fue uno de los primeros pasos a la hora de abordar el problema.

Python, Anaconda y bibliotecas

Ya se ha hablado de que se tiene como objetivo incluir una mejora a la aplicación web que tenga relación con la Visión Virtual. Y: ¿qué es la Visión Artificial sin Python? Cabe destacar que el VPS tenía Python instalado. También hay que destacar, que existen distribuciones de Python, especializadas en aprendizaje automático entre otros campos. Además, con Anaconda ya no es necesario utilizar el comando pip que se utiliza con Python para la instalación de bibliotecas, se utiliza el comando conda.

Por otra parte, para poder proceder con el desarrollo, fue necesario la instalación de

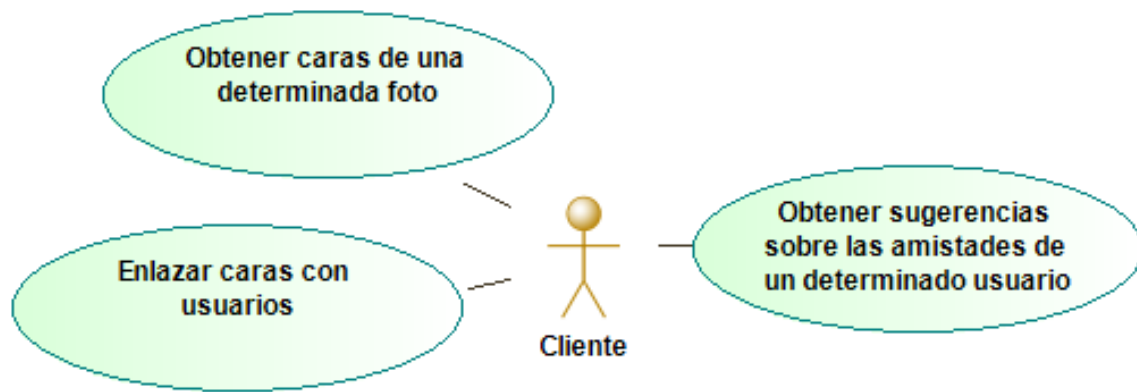


Figura 2.2.3: Diagrama de casos de uso (Servicio de reconocimiento facial)

bibliotecas relacionadas con la conexión a la Base de Datos (mysql [20]), con el framework que permite el desarrollar el servicio de reconocimiento facial (bottle [5]), con la lectura de directorios y archivos del servidor (os [18]), con el reconocimiento facial (face_recognition [8]), con el deep learning (dlib [4]), etc.

2.3.2. Dominio y certificado SSL

Acceder a la aplicación web a través de la IP no es seguro, así que se decidió la contratación de un dominio acompañado del cifrado SSL pertinente. Primero se procedió a registrar el nombre del dominio. Se realizó a través de la misma empresa donde se contrató el servidor. Después de la contratación, simplemente se creó un registro de tipo A apuntando a la IP del VPS para poder acceder directamente al dominio.

Por otra parte, por mucho dominio que se tuviese, era necesario que las peticiones y las respuestas estuviesen cifradas. Así que, a través de Let's Encrypt [13], empresa encargada de proveer certificados SSL gratuitos, se cifró el tráfico del servicio y el lado cliente.

Al igual que con el servidor privado, la interfaz de gestión que proporciona OVH, da la funcionalidad necesaria para poder administrar el dominio. La creación, edición y eliminación de registros relacionados con el dominio, gracias a esto se ha conseguido apuntar el dominio a la IP consultar los servidores DNS, realizar redirecciones, etc.

2.3.3. Otros recursos

Aparte de lo ya mencionado, han sido necesarios otros recursos para el correcto funcionamiento de la aplicación. Después de contratar el dominio y enlazarlo con la IP correspondiente, se presentó el problema de que era necesario utilizar el puerto 8080 para poder acceder al servicio. Por tanto, fue necesario la instalación de Apache con el fin de configurar un proxy que recibiese todo el tráfico del servicio y así poder eliminar el puerto del dominio.

Para realizar la conexión remota con el servidor y poder realizar labores administrativas en el mismo e instalar muchos de los recursos nombrados anteriormente fue necesario SSH. Mediante un programa llamado PuTTY fue posible la conexión remota desde cualquier

dispositivo. Ahora bien, en este caso concreto, la empresa a la cual se le contrató el servidor, provee la funcionalidad dentro de su Interfaz de Gestión, de poder conectarse al servidor con un simple clic, así que en cierta manera se podría prescindir de este recurso.

Capítulo 3

Diseño e implementación

Después del análisis del proyecto, se procede a explicar cómo se ha realizado el diseño e implementación de la solución al problema presentado al principio de este documento.

3.1. Herramientas utilizadas

En el capítulo de Análisis, concretamente en el capítulo de recursos utilizados, se entró un poco en detalle de las herramientas utilizadas. En esta sección se hablará más en detalle de ello.

3.1.1. Hardware

Dado que se trata del desarrollo de una aplicación software, las herramientas hardware utilizadas han sido escasas en número. Entre las herramientas hardware utilizadas, se encuentran:

- Ordenador de sobremesa. Componentes a destacar:
 - **Procesador (CPU):** AMD Ryzen 3 1300X 3.7Ghz
 - **Tarjeta gráfica (GPU):** Asus GeForce GTX 1060 OC Dual 3GB GDDR5
 - **Memoria RAM:** Crucial DDR4 2133 PC4-17000 8GB CL15
 - **Disco Duro:** Seagate BarraCuda 3.5" 1TB SATA3
- Ordenador portátil ASUS. Componentes a destacar:
 - **Procesador (CPU):** Intel Core i5-6300HQ
 - **Tarjeta gráfica (GPU):** Nvidia GeForce GTX 950M
- Monitor Samsung 32".

3.1.2. Software

Al contrario que en la subsección anterior, aquí las herramientas software utilizadas son abundantes. A continuación, se procede a detallar dichas herramientas:

GitHub y SmartGit

Antes de hablar de estas herramientas, se va a hablar de Git. Herramienta que ha supuesto un pilar muy importante para el desarrollo del proyecto. Git es una herramienta de control de versiones. Es especialmente recomendable cuando el mismo código es utilizado por más de una persona, dado que tiene una herramienta para la solución de conflictos. Básicamente se trata de una herramienta de control de versiones. En este caso, es cierto que el proyecto a realizar tenía algún tipo de relación con una de las compañeras del autor, pero dado que la parte del autor y de su compañera en el desarrollo están perfectamente parceladas, el autor no hacía uso del trabajo de su compañera.

Por otra parte, se ha necesitado Git para poder tener constancia de versiones estables de la aplicación, y sobre todo para tener un registro de lo que se ha ido haciendo y de los avances durante el tiempo que ha durado el desarrollo.

En otro orden de cosas, GitHub es un sitio web donde alojar proyectos que han sido desarrollados colaborativamente. En este caso, usé GitHub para poder alojar el proyecto y poder hacer uso de él. Consta de una documentación impecable y proporciona una serie de facilidades que muchas otras no ofrecen. Después de subir el proyecto y por tanto crear un repositorio, GitHub proporciona una URL pública con la que cualquiera puede acceder y revisar el código.

Por último, se tiene SmartGit. SmartGit es un cliente con interfaz gráfica para Git, y obviamente tiene la posibilidad de conectar con GitHub y los repositorios que se posean. Con esta herramienta, se fue capaz de tener un control gráfico del proyecto. Simplemente proporcionando la URL del repositorio en GitHub, es posible tener el control del mismo desde el cliente. Cabe destacar que dicho cliente no es un sitio web, si no una aplicación de escritorio, por lo que resulta más útil a la hora de hacer uso de ella.

Lenguaje de programación y framework.

El lenguaje de programación que se ha utilizado ha sido Java. Una de las razones principales fue que se decidió utilizar Spring, como framework de Java para el desarrollo web. Spring trae consigo una serie de módulos para hacer más sencillo aún el desarrollo de la aplicación web. En mi caso, he utilizado los módulos de Spring: Spring Boot, Spring Data y Spring MVC. Gracias a Spring y a sus módulos, fue posible no solamente el desarrollo de los controladores encargados de atender las peticiones HTTP desde el lado del cliente, si no además establecer la configuración de ciertas funcionalidades de la aplicación web.

A parte de los módulos enumerados anteriormente, se utilizó otro más Spring Security. Spring Security es el módulo de Spring encargado de la seguridad de la aplicación. Gracias a dicho módulo se ha sido capaz de:

- Establecer la configuración CORS (Intercambio de Recursos de Origen Cruzado),
- Establecer una blacklist de *endpoints*
- Establecer los *endpoints* que necesitan autenticación para acceder a ellos
- Establecer qué mecanismo se seguirá para el inicio de sesión
- Encriptación de datos sensibles

Spring, además, gracias a los módulos mencionados anteriormente, abstrae al desarrollador de la creación de las tablas a la hora de la persistencia con la Base de Datos. Bastó con crear las clases necesarias, anotar dichas clases para asegurar que Spring hiciese la conversión, y con desplegar la aplicación, las clases eran transcritas a tablas en la Base de Datos.

En otro orden de cosas, no solo se ha utilizado Java. Dado que se quiere hacer uso de la Visión Artificial para incluir una mejora a la aplicación, se usa Python. La idea es construir otro servicio con Python, que proporcione servicios relacionados con el reconocimiento facial. A raíz del uso de Python para incluir dichas mejoras, fueron necesarias el uso de varias bibliotecas. A destacar tenemos:

- Biblioteca relacionada con la conexión a la Base de Datos. Dado que es necesario que se pudiese acceder a la Base de Datos, tanto para consulta como para escritura, fue necesario el uso de esta biblioteca. (`mysql.connector` [20])
- Biblioteca relacionada con el reconocimiento facial. (`face_recognition` [8])
- Biblioteca relacionada con la validación de los tokens JWT. (`PyJWT` [12])
- OpenCV. Biblioteca relacionada con la Visión Artificial. (`cv2` [16])
- Framework web para el desarrollo del servicio de reconocimiento facial (`bottle` [5])

Se podría decir, que estas herramientas han sido las más importantes a la hora del desarrollo de la aplicación. Gracias a ellas, ha sido posible abordar prácticamente todos los problemas planteados y así poder llegar a una solución.

Entorno de programación

Después de la subsección anterior, se podría intuir qué entorno de programación es el utilizado en este proyecto. El entorno de programación utilizado es STS (Spring Tool Suite). STS es un entorno de programación derivado de Eclipse enfocado especialmente al desarrollo de aplicaciones en Spring Framework. Se decidió utilizar esta herramienta para el desarrollo, porque este proyecto no es el primero que se aborda, durante la carrera se han tenido que realizar desarrollos similares y este entorno es el ideal si se decide utilizar Spring como framework para el desarrollo. Para esta herramienta, al igual que cuando es necesario utilizar Eclipse, requiere tener instalado Java y Java JDK.

Además, se fue capaz de desplegar la aplicación en local para la prueba de la misma, simulando su puesta en funcionamiento en producción. Una vez que se desarrollaba una funcionalidad específica del servicio, se pudo realizar el empaquetamiento de la misma, con el fin de poner la aplicación en producción. El entorno de programación, da la posibilidad de realizar el empaquetamiento con ayuda de Maven.

Por otra parte, al igual que Eclipse, proporciona soporte para test unitarios, utilizando Spring para ello. En una de las subsecciones anteriores se ha hablado de Git para el control de versiones, esta herramienta da la posibilidad de realizar operaciones de Git desde el propio entorno. Además, se indica junto al proyecto en cada momento la rama en la que te encuentras y el repositorio actual.

Para terminar, se tiene PyCharm. Entorno de programación especializado en Python. Dado que se pretende realizar tareas de Visión Artificial que implican el uso de Python,

es necesario el uso de PyCharm. Permite configurar un entorno de Anaconda para la ejecución del código. Además, da la capacidad de instalar paquetes de Python desde las opciones del proyecto, tiene una potente herramienta para depurar el código, etc.

Gestor de la Base de Datos.

Dado que se trata de una Base de Datos MariaDB, fue necesario una herramienta que facilitase la gestión de dicha Base de Datos. Después de instalar MySQL en el VPS, se decidió el uso de DBeaver. DBeaver es una herramienta de gestión de Bases de Datos MySQL, de código libre y con una interfaz de usuario muy intuitiva. Basta con elegir qué tipo de Base de Datos se quiere gestionar y especificar los datos de conexión. La herramienta hace lo demás. Con esta herramienta, se es capaz de hacer cambios en la Base de Datos, permitiendo la posibilidad de tanto hacerlo mediante la interfaz de gestión como de ejecutar sentencias SQL.

Métricas

Por último, sobre todo enfocado para el tema de métricas, se ha utilizado SonarQube. Esta herramienta código abierto, se encarga de analizar el código fuente en busca de errores, código que en un futuro podría ocasionar errores graves, mide la cobertura del código, etc. Basta con indicarle el tipo de proyecto a analizar, el lenguaje utilizado y la herramienta da las indicaciones pertinentes, para realizar el análisis del código. Dicho análisis se traducirá en las medidas mencionadas anteriormente. Se entrará más en detalle sobre estas métricas en el capítulo de métricas.

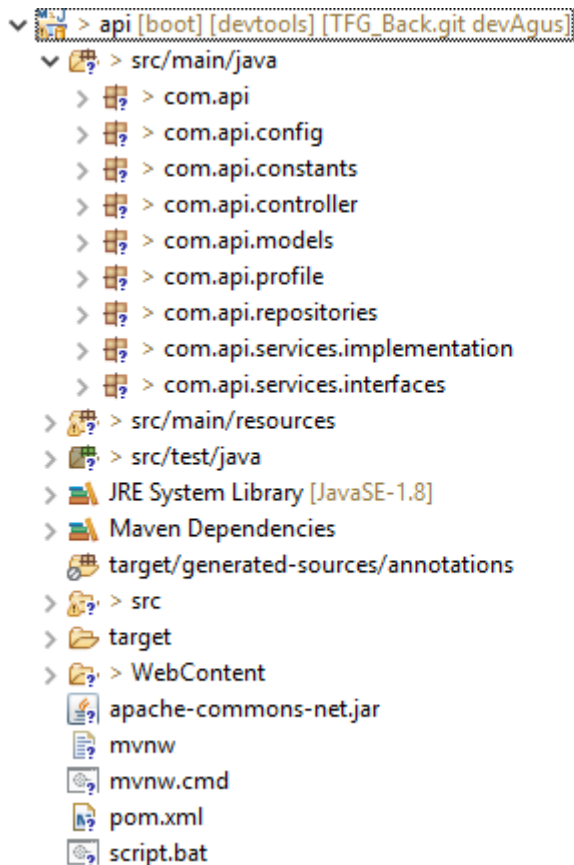
3.2. Arquitectura del software

En esta sección se describirán cada una de las partes de la solución que se desarrolla. Se indicarán las características en cada subsección, separando dicha sección por el tipo de servicio del que se hable.

3.2.1. Servicio de gestión de la lógica de la aplicación

En esta subsección se va a entrar en detalle sobre el servicio desarrollado con ayuda de Spring Framework. Como introducción se puede ver en la Figura 3.2.1 la estructura del proyecto, organizada por paquetes para mantener la mantenibilidad del código. Como ya se dijo en capítulos anteriores, junto al nombre del proyecto se indica el repositorio y la rama actual. En un proyecto en Spring Boot, se distinguen tres carpetas principales “src/main/java”, “src/main/resources” y “src/test/java”. En la primera carpeta se encuentra el código fuente de la aplicación, eso es, la funcionalidad completa de la aplicación. En la segunda carpeta se encuentran los recursos estáticos (ficheros .js, .css, .png, etc) y las plantillas de la aplicación si las hubiese, además del fichero de configuración global “application.properties” del que se hablará más adelante.

La estructura de todo el servicio desarrollado en Spring tiene la estructura que se ve en la Figura 3.2.2. A lo largo del capítulo, se irá haciendo referencia a dicha figura con el objetivo de ir explicando cada una de las partes.



O

Figura 3.2.1: Estructura del proyecto

Spring IoC Container y los beans

Antes de entrar en detalle sobre cada una de las partes de la aplicación, es necesario explicar cómo Spring es capaz de realizar todo lo que se va a ver en futuras secciones. En primer lugar, se tienen los beans. Los beans son los objetos que componen la columna vertebral de la aplicación y son administrados por el contenedor de Spring (Spring IoC Container). Cabe destacar que un bean podría ser un controlador, acceso a la base de datos, configuración de la seguridad de la aplicación, etc. Es decir, los beans son los objetos que contienen la funcionalidad de la aplicación y son configurados por el contenedor de Spring. El contenedor cuenta con el principio de IoC (Inversion of Control) también conocido como Inyección de Dependencias. Es un proceso en el cual los objetos definen sus dependencias, esto es, otros objetos con los que trabajan dichos objetos, los argumentos del constructor, propiedades que se establecen en la instancia del o

El contenedor de Spring sabe qué objetos instanciar, configurar o ensamblar gracias a los metadatos de configuración. Estos metadatos de configuración están representados a su vez por un fichero XML, por anotaciones Java o por código Java. El contenedor de Spring está representado por la interfaz BeanFactory y ApplicationContext. La interfaz BeanFactory provee un mecanismo avanzado de configuración capaz de administrar cualquier objeto, ApplicationContext es una interfaz que implementa BeanFactory y además de las características propias de la interfaz BeanFactory, implementa una serie de características más avanzadas para el manejo de otro tipo de servicios.

En resumen, el desarrollador provee a través de un fichero XML, mediante anotaciones o mediante código Java, los beans que necesita el contenedor de Spring. Dicho contenedor se

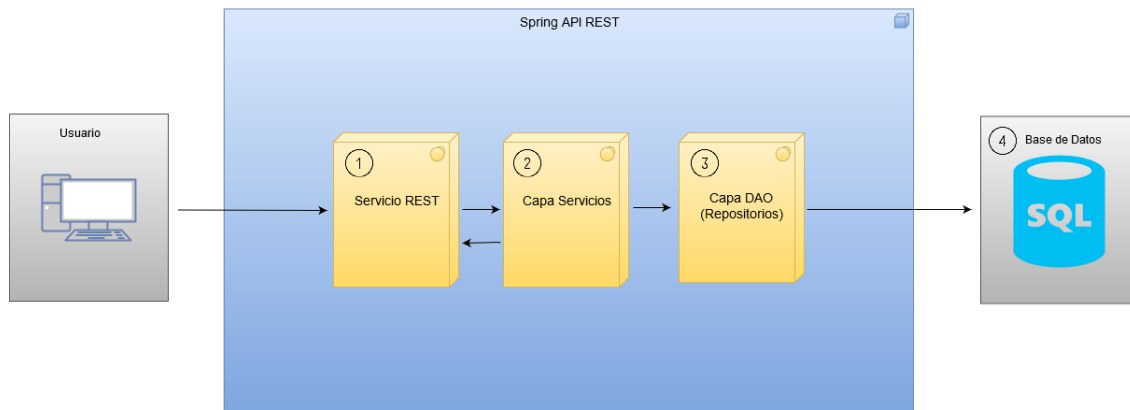


Figura 3.2.2: Diagrama del servicio en Spring

encargará de tomar esos beans y configurarlos, ensamblarlos e instanciarlos. Observando la Figura 3.2.2, el contenedor Spring sería el recuadro azul, esto es, la base sobre la construye todo lo demás. [11, 30]

Modelos

Como ya se ha introducido en la sección de las herramientas utilizadas durante el desarrollo, Spring abstrae al desarrollador de la transcripción de las clases a las tablas en la Base de Datos. Por lo que se conciben modelos basados en datos. Suponiendo que se tiene configurada la conexión con la Base de Datos, en cuanto la aplicación es desplegada es posible establecer determinadas opciones para la creación de las tablas correspondientes y los datos contenidos en dichas tablas.

Para poder realizar la creación de estas tablas, es necesario la creación de clases con una serie de anotaciones. Se tienen que anotar las clases con el objetivo de que constituyan una entidad y puedan ser traducidas a tablas de la Base de Datos. Además, hace falta especificar cuál será la clave primaria de la entidad. Posteriormente, tanto en desarrollo local como en producción, una vez desplegada la aplicación, Spring usando lo especificado en un fichero de configuración global del que se hablará más adelante, establece la conexión con la Base de Datos, traduciendo las relaciones entre clases y las propias clases anotadas pertinentemente en tablas, con sus claves primarias y foráneas en el caso de que existan relaciones.

La estructura de los modelos queda representada en la Figura 3.2.3. Entrando más en detalle sobre dichos modelos tenemos:

- Clase Usuario. Podría decirse que es la entidad central de la aplicación. Un usuario puede poseer:
 - N publicaciones
 - N comentarios
 - N imágenes provenientes de sus propias publicaciones
 - N amigos
 - N caras procedentes de sus imágenes.

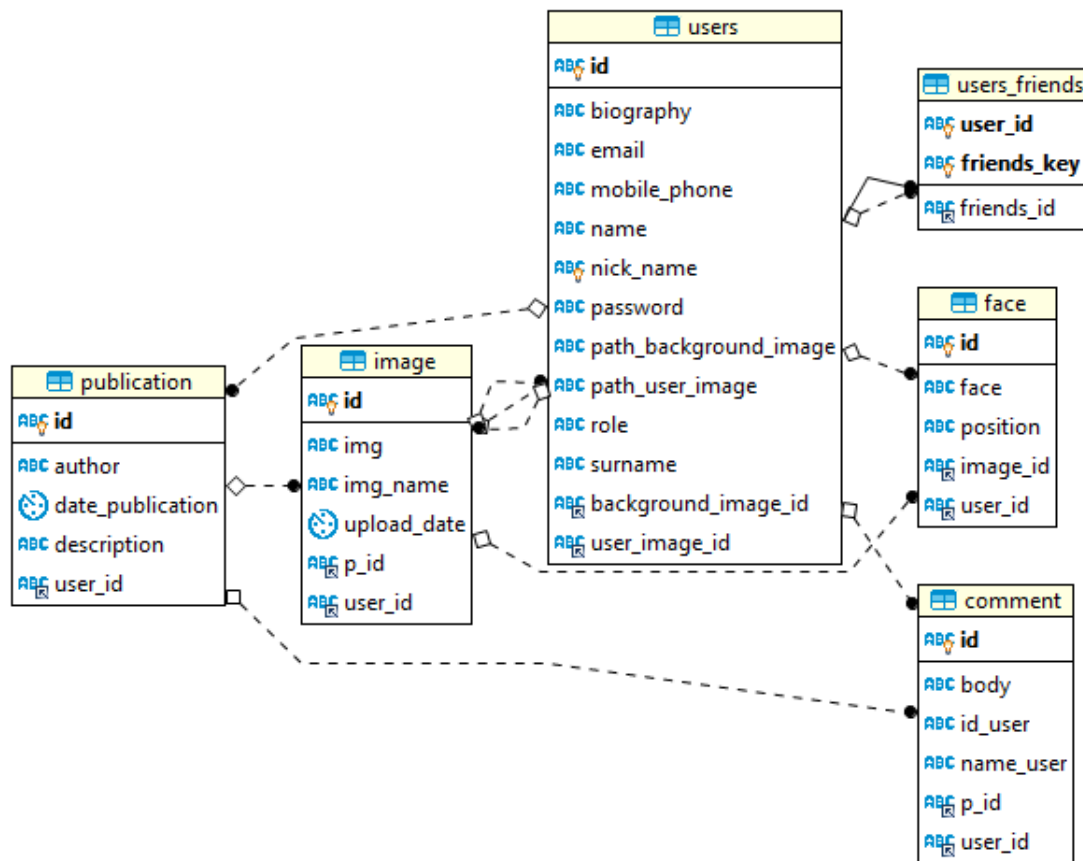


Figura 3.2.3: Diagrama Entidad-Relación

- Clase Publicación. Una publicación se compone de imágenes y comentarios.
- Clase Comentario. Un comentario solamente puede pertenecer a un usuario y a una publicación.
- Clase Cara. Las caras procedentes de las fotos, solo puede provenir de una sola foto y pueden pertenecer a un solo usuario. Cabe destacar que, estas caras que pertenecen al usuario son caras que se han extraído de imágenes contenidas en la publicación que el propio usuario ha subido. Está claro que, solamente serán caras de amistades del usuario.
- Clase Imagen. La clase Imagen solo puede pertenecer a una publicación y a un usuario. Además, puede poseer N caras extraídas de la propia foto.

Controladores

Los controladores de la aplicación contienen toda la funcionalidad de la aplicación. Son el punto de acceso al que el cliente puede acceder para obtener los recursos que necesita. En este caso, pasa parecido que con los modelos. Es necesario anotar la clase de cierta manera, para que Spring sepa que una clase es un controlador que tiene como objetivo atender la solicitud de recursos que hace el lado cliente. Si nos fijamos en la Figura 3.2.2

se tiene que los controladores serían el Servicio REST (1). Se trata del punto de acceso que tiene el lado cliente para poder acceder a los recursos que necesita.

De este modo, una clase anotada como controlador, contendrá en su interior una serie de métodos que se encargaran de proveer recursos al lado cliente. Cada método estará anotado pertinentemente. Por cada método, es necesario decir qué tipo de método es (GET, POST, DELETE, PATCH, etc) y qué ruta atiende. Además, si la petición HTTP envía parámetros en la URL, Spring provee de funcionalidad para poder recoger estos parámetros y utilizarlos para los fines que se crean necesarios.

Spring tiene la capacidad de serializar la información que se devuelve al lado cliente, siempre y cuando esta información sea serializable. Por lo que, basta con crear una clase con atributos que sean serializables, al crear una instancia de ese objeto y devolverlo, Spring haciendo uso del serializador Jackson devolverá el objeto en formato JSON al lado cliente. De esta forma, si tuviésemos un método GET que se encargase de devolver un usuario determinado del sistema y suponiendo que la clase Usuario contiene atributos serializables, la instancia de la clase Usuario que se debe devolver, será serializada y será devuelta en formato JSON al lado cliente.

Por otra parte, la información que proviene del lado cliente puede ser interpretada por Spring. Si un método de tipo POST determinado recibiese un objeto de la clase Usuario, bastaría con añadir un argumento al método anotado debidamente, de esta forma, Spring se encargará de formar el objeto de dicha clase, con la información en formato JSON proveniente del lado cliente.

Ahora bien, los controladores que existen en la aplicación son:

- Controlador de usuarios. Este controlador se encarga de proveer recursos relacionados con los usuarios. Y, en concordancia con los requisitos funcionales especificados en el capítulo de Análisis, tenemos:
 - Obtener todos los usuarios.
 - Obtener a un usuario dado su identificador.
 - Editar a un usuario.
 - Eliminar a un usuario.
 - Creación de un usuario.
- Controlador de publicaciones
 - Obtener todas las publicaciones
 - Obtener una publicación, dado su identificador
 - Editar una publicación
 - Eliminar una publicación
 - Añadir una publicación
- Controlador de comentarios
 - Obtener todos los comentarios
 - Obtener un comentario dado su identificador

- Editar un comentario
- Eliminar un comentario
- Añadir un comentario
- Controlador encargado de la página principal de la aplicación.
 - Carga de la página principal del lado servidor.
- Controlador encargado del registro y del inicio de sesión
 - Registrar a un usuario
 - Iniciar sesión de un determinado usuario
 - Obtener el usuario que ha iniciado sesión
- Controlador encargado de los amigos
 - Obtener todos los amigos
 - Añadir a un amigo
 - Eliminar a un amigo
 - Obtener las publicaciones de tus amigos.
 - Obtener sugerencias de usuarios que podrían ser amistades
- Controlador de utilidades
 - Búsqueda de un usuario dado su nombre de usuario
 - Búsqueda de usuarios dado su nombre
- Controlador del perfil de usuario
 - Obtener un determinado perfil de usuario
 - Editar perfil de usuario

Documentación

Para la documentación, se usa un módulo de Spring llamado Springfox Swagger2. Este módulo da la capacidad de realizar la documentación completa del servicio en formato JSON de forma automatizada, basta con decirle en que paquete están alojadas los controladores de la aplicación. En cuanto se configura el módulo, indicando dónde se encuentran los controladores y se despliega la aplicación, se habilita un *endpoint* donde poder acceder y poder descargar la documentación en formato JSON.

Aparte de esto, existe otro módulo derivado del anterior llamado Springfox Swagger UI. Este módulo sigue el mismo proceso de generación de la documentación que el módulo anterior, la diferencia es que habilita un *endpoint* donde es posible ver la documentación gráficamente en formato HTML y da la capacidad de probar toda la funcionalidad desde dicha página. Además, como se especificará más adelante, hay *endpoints* en los cuales hace falta iniciar sesión previamente, dicho módulo permite simular dicho inicio de sesión y poder probar todos los *endpoints*.

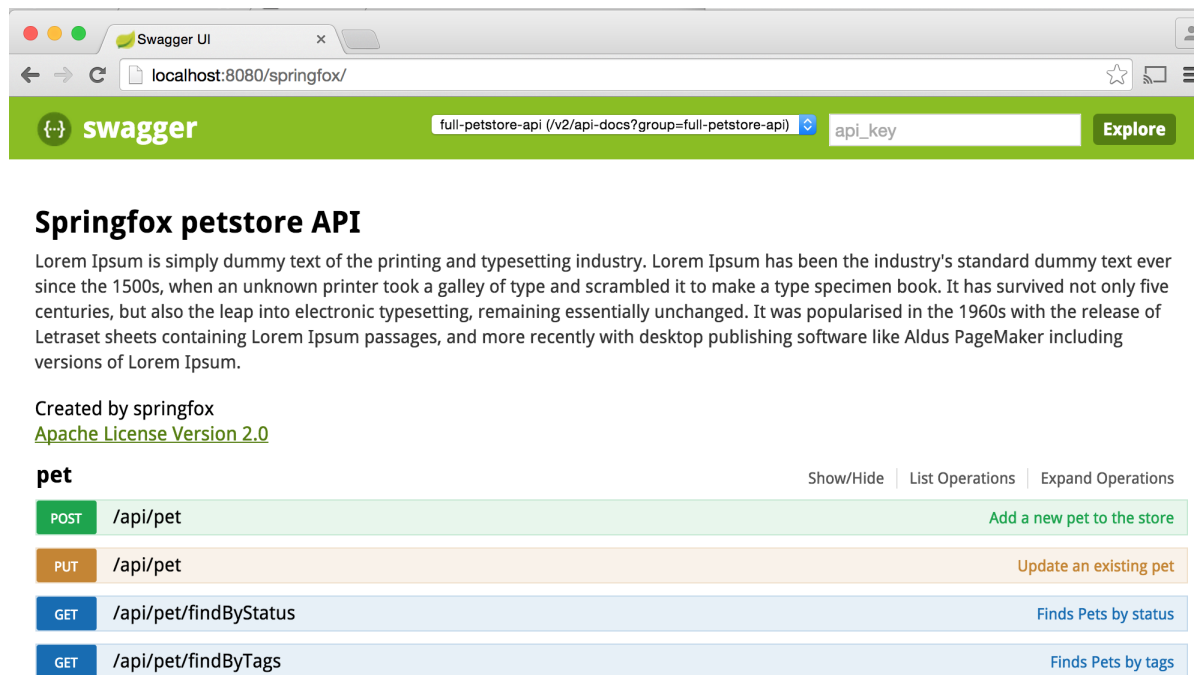


Figura 3.2.4: Swagger UI

Si se accede a la dirección base de la aplicación seguido de “/swagger-ui.html” se puede ver la documentación al completo, ordenando los métodos HTTP por controlador. Una vez se tiene todo configurado, se despliega la aplicación, y se accede al *endpoint* habilitado por el propio módulo, el resultado se puede ver en la Figura 3.2.4, extraída de la documentación de SpringFox [27]

Configuración y seguridad de la aplicación web

Ya se introdujo en la sección de las herramientas utilizadas el uso de Spring Security, para asegurar la seguridad de la aplicación y además es necesaria la configuración de la documentación, como ya se entró en detalle anteriormente.

Ahora bien, para poder hacer que todo esto funcione, es necesario la configuración a través de clases anotadas pertinentemente. En total, se tienen 3 clases que se encargan de la configuración de la seguridad de la aplicación:

- Clase relacionada con la configuración de la seguridad de la web. En esta clase, se establecen configuraciones básicas sobre la seguridad de la aplicación. Se establece la encriptación de la contraseña de los usuarios, se establece la configuración CORS de la aplicación con el fin de una comunicación exitosa del lado cliente.
- Clase relacionada con el acceso a los recursos de la aplicación. En esta clase, se establece una lista blanca y una lista negra de puntos de acceso para el lado cliente. Básicamente, se establecen los recursos a los que el lado del cliente puede acceder mediante autenticación.
- Clase relacionada con la autenticación basada en un token JWT. En esta clase, se establece la configuración de la autorización con token.

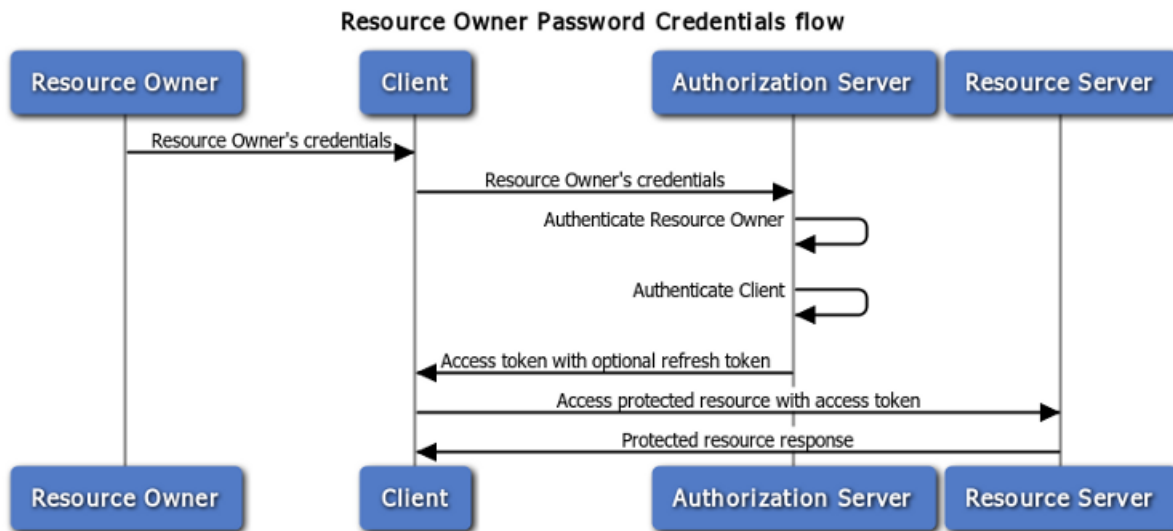


Figura 3.2.5: Flujo de datos de OAuth2.0 con token JWT

- El tipo de autenticación que se usa en la aplicación es OAuth2.0 y JWT (JSON Web Tokens). Estos servicios proveen al lado cliente el acceso a los recursos de forma limitada, siempre y cuando se proporcionen los datos de autenticación pertinentes. Sabiendo el flujo del token JWT usando OAuth2.0 [9], el lado cliente puede acceder a los recursos con la debida autenticación. Concretamente se usa OAuth2.0 Password Grant Type. Como se ve en el flujo de datos mostrado en la Figura 3.2.5 proporcionado por la documentación de Oracle [2], se habilita un *endpoint*, dado por la propia dependencia de OAuth, al cual es necesario hacer una petición POST con una serie de parámetros que necesita OAuth para realizar la autenticación. Estos parámetros los establece OAuth, pero los valores los pone el lado del servidor y los comparte con el lado del cliente.
- El usuario introduce su usuario y contraseña (previo registro), el lado del cliente realiza una petición a dicho *endpoint* con los parámetros pertinentes para obtener el token y a partir de ahí, el cliente debe de mandar el token en cada petición que se haga para confirmar que el usuario sigue autenticado. El token tiene un tiempo de expiración de 12 horas establecido por el propio servicio. Ahora bien, dentro de la aplicación existe un fichero de configuración, del cual se entrará en detalle más adelante. En dicho fichero se establecen los valores para los parámetros que necesita OAuth. En esta clase, se toman esos valores dados en el fichero y se establece la autenticación OAuth con la que el cliente debe acceder.

Además, Spring permite configurar la aplicación web desde un fichero dentro del propio proyecto. El fichero se denomina “application.properties”, en dicho fichero van parámetros de configuración globales. En dicho fichero, se especifican los parámetros que necesita Spring para la autenticación mediante OAuth2.0.

Repositorios

Los repositorios o DAO (Data Access Object) son las herramientas que se encargan de la persistencia de la aplicación. Proporcionan una capa de abstracción para el desarrollador, abstrayéndolo de las consultas SQL requeridas para poder añadir, consultar o eliminar datos de la Base de Datos.

La interfaz `JpaRepository` contiene una serie de métodos básicos que implementan todas las operaciones que se pueden realizar (crear, leer, actualizar y eliminar) con respecto a la Base de Datos. Además, es posible que el desarrollador pretenda realizar consultas cambiando el criterio de búsqueda, para ello, simplemente se crea la cabecera del método en la interfaz. El nombre del método debe de seguir un formato concreto: Debe empezar por “`findBy`” seguido del atributo de la clase por el que se quiere buscar. Debe pasarse por parámetro el atributo por el que se quiere buscar, con el tipo adecuado. Si el objeto que se devuelve no es una lista, quiere decir que el método encontrará uno y lo devolverá. En cambio, si se devuelve una lista, el método buscara todas las ocurrencias del valor del parámetro que se le pase.

Un solo repositorio no va a poder hacerse cargo de todos los modelos de la aplicación, ya que cada repositorio se asocia al tipo del modelo sobre el que se quieren realizar una serie de operaciones.

Haciendo referencia a la Figura 3.2.2, se trata de los Repositorios (3) o DAO. Es la última puerta que se cruza para almacenar la información en la Base de Datos.

Servicios

A diferencia del apartado anterior, los servicios no son una herramienta proporcionada por Spring, sino que se implementan por parte del desarrollador. En este caso, se ha implementado un servicio por cada uno de los repositorios que existen. Dichos servicios deben ir anotados pertinentemente y tendrán métodos que implementarán los mismos métodos que el DAO.

El objetivo de la creación de Servicios es proporcionar mantenibilidad al código. La creación de servicios implica proporcionar una capa de abstracción para el desarrollador, de manera que, si es necesario cambiar la implementación de algunas de las operaciones de los repositorios, bastaría con hacer las modificaciones pertinentes en los servicios sin que el código de los controladores quedase afectado.

Los servicios existentes en la aplicación son los siguientes:

- Servicio dedicado a los usuarios
- Servicio dedicado a las publicaciones
- Servicio dedicado a los comentarios
- Servicio dedicado a las imágenes
- Servicio dedicado al servidor donde se aloja la aplicación
- Servicio dedicado a las caras extraídas de las imágenes

Dado que los servicios son una capa que se encuentra entre los controladores y los repositorios, en la Figura 3.2.2, se trata de la Capa Servicios (2) y se encarga de mediar entre el Servicio Rest (1) y los DAO (3) proporcionando la capa de abstracción de la que ya se ha hablado.

Base de Datos

En el capítulo de Análisis se introdujo un poco a la Base de Datos dado que es uno de los recursos externos utilizados. Se utiliza un sistema de gestión de Bases de Datos derivado de SQL: MariaDB. Una vez se configura debidamente en el VPS, en Spring se establece la configuración global en el fichero “application.properties” para que la aplicación pueda conectarse a la Base de Datos. Además, es necesario realizar una integración del tipo de Base de Datos en Spring. Para ello existe una dependencia que se encarga de integrar MariaDB en Spring.

Cabe destacar que se tienen dos bases de datos, una usada para el desarrollo en local, para pruebas, y otra para producción, usada en el despliegue de la aplicación. Una vez más, para cambiar una Base de Datos por otra, basta con indicarlo en el fichero de configuración nombrado anteriormente

Y, por último, haciendo referencia a la Figura 3.2.2, la Base de Datos (4) es el último destino para mantener la persistencia de la información. Siendo los DAO (3) los encargados de administrar el almacenamiento de dicha información.

3.2.2. Servicio de reconocimiento facial

Antes de proceder a la descripción de cada una de las partes del algoritmo de reconocimiento facial, es necesario aclarar una serie de cuestiones. Para el reconocimiento facial, se hace uso del deep learning. Antes de aclarar este concepto es necesario definir el Machine Learning: [El Machine Learning, como se ha visto, se describe a menudo como un tipo de técnicas de Inteligencia Artificial donde las computadoras aprenden a hacer algo sin ser programadas para ello 15]. Se puede intuir que el Deep Learning será un tipo particular del Machine Learning. Ahora bien, el Deep Learning se puede definir de la siguiente manera: [El Deep Learning lleva a cabo el proceso de Machine Learning usando una red neuronal artificial que se compone de un número de niveles jerárquicos 15]. Ambos conceptos han sido extraídos de un Blog realizado por Carlos García Moreno. Dicho Blog pertenece a Indra, conocida empresa basada en la tecnología y la consultoría.

La biblioteca usada para el reconocimiento facial (face_recognition [8]), hace uso del Deep Learning. Esta biblioteca a su vez hace uso de dlib. Dlib es una biblioteca basada en el Deep Learning de código abierto y desarrollada en C++ [4].

En un primer momento, se pretendía que un controlador del servicio de gestión de los servicios de la red social, ejecutase un script de Python que realizase la funcionalidad. El problema es que esto no fue posible en un entorno web, por lo que fue necesario la realización de un segundo servicio de reconocimiento facial. Por otra parte, si se presta atención al repositorio de dicha biblioteca en GitHub [8] se puede ver que puede usarse junto con un framework web, en este caso se usa Flask, el cual es muy parecido al usado en este caso.

Algoritmo

Como ya se ha dicho, la biblioteca Face Recognition no necesita ser entrenada para realizar su cometido. Por lo que basta con proporcionarle una foto y esta nos devolverá las posiciones de la cara (en píxeles) en la foto. En la Figura 3.2.6 podemos ver el algoritmo que se sigue a la hora de subir una foto, representado mediante un diagrama de actividad se ha incluido el lado cliente para poder explicar mejor la utilidad del servicio en una aplicación web. El algoritmo que se sigue es el siguiente, teniendo en cuenta la Figura 3.2.6:

1. El usuario se dispone a subir una foto
2. Se muestra una vista previa de la foto
3. Se piden las caras al lado servidor y si es posible, se piden también sugerencias
4. El lado servidor devuelve caras y puede (o no) devolver sugerencias
5. El lado cliente dibuja las caras en la vista previa, y sugerirá al usuario si es posible
6. El usuario etiqueta las caras con los usuarios y se lo comunica al lado servidor a través del lado cliente
7. El usuario, si está conforme, confirmara la subida de la foto
8. Vuelta al paso 1.

Ahora bien, cabe decir, que el lado servidor devolverá caras siempre y cuando existan caras en la foto. Si no existen caras en la foto, no se devolverán, además de no devolver sugerencias. Si es posible devolver caras, el servidor devolverá caras además de sugerencias dependiendo de las fotos subidas anteriormente por el usuario. El algoritmo aprende las caras que el usuario ha registrado anteriormente. Por lo que, si el usuario sube su primera foto a la aplicación, es posible que el servidor devuelva caras, pero no devolverá en ningún caso sugerencias. El usuario solo podrá etiquetar caras con otros usuarios si y solo si estos usuarios pertenecen a su lista de amigos. En otro caso, no será posible etiquetarlas.

Además, el algoritmo es capaz de mejorar en función de la actividad del usuario en la aplicación, es decir, cuantos más amigos tenga el usuario y más fotos suba con etiquetas, el sistema irá aprendiendo a realizar predicciones más fieles con respecto a sus amigos.

Controladores

Una vez se ha hablado sobre cómo funciona el algoritmo de reconocimiento, se procede a hablar de la funcionalidad. Se tienen dos controladores principales:

- El controlador encargado de proporcionar caras y sugerencias si es posible. Haciendo referencia a la Figura 3.2.6, este método se corresponde con las actividades (4) y (6). Al principio, se encarga de extraer las posiciones de las caras, pero antes de devolver las posiciones correspondientes, comprueba si hay sugerencias. Por lo que, por cada cara que se encuentra en la foto, se busca en el directorio de caras de las amistades del usuario con el objetivo de encontrar alguna coincidencia y así poder

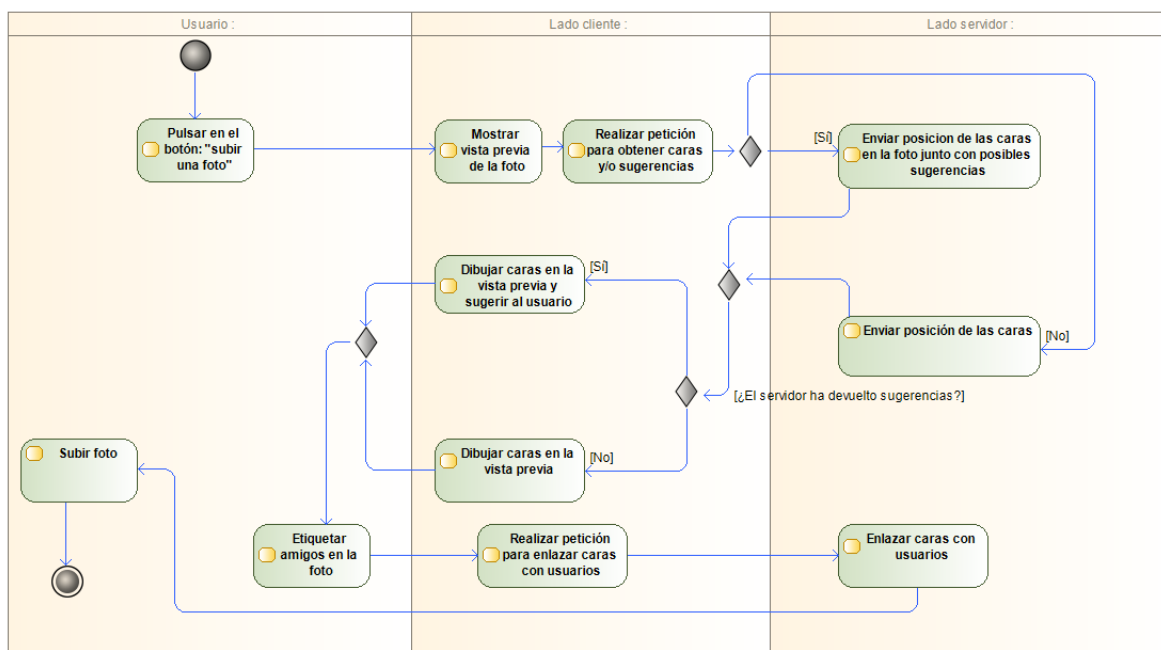


Figura 3.2.6: Diagrama de actividad de la subida de fotos

hacer sugerencias. Y al final, se devuelve en formato JSON, las posiciones de las caras (si se encuentran la foto enviada) y las sugerencias de dicha cara (si se han encontrado sugerencias de la cara).

- El controlador encargado de enlazar caras con usuarios. Una vez que las posiciones de las caras llegan al lado cliente y son pintadas para que el usuario se encargue de etiquetar las caras con los nombres de usuario de sus amistades (actividades (5), (6) y (7) en la Figura 3.2.6), es necesario que el sistema sepa qué cara se corresponde con qué usuario. Por lo que una vez se ha etiquetado (actividad (9) en la Figura 3.2.6), se realiza la petición para enlazar las caras con usuario, enviando al lado servidor desde el lado cliente, la posición de la cara en la foto, la foto en cuestión y el usuario que se encuentra en esa cara (actividades (10) y (11) en la Figura 3.2.6).

CORS

Al igual que ocurriría en el servicio de gestión de la red social es necesario realizar la configuración pertinente del mecanismo CORS (Intercambio de Recursos de Origen Cruzado) para ello se desarrolla lo que se denomina un decorador de Python. Un decorador de Python es básicamente una función que es usada para extender el comportamiento de otra función, sin modificar en nada a dicha función. Por lo que, se realiza un decorador para los *endpoints* que se tienen en el servicio que realice la configuración adecuada, para así poder realizar una comunicación exitosa con el lado cliente

Documentación

Para la documentación del servicio de reconocimiento facial se ha utilizado Sphinx. Esta herramienta se encarga de generar la documentación referente a la aplicación en varios formatos. Concretamente se ha utilizado una herramienta adicional, llamada sphinx-apidoc,

que hace uso de Sphinx para la generación automática de la documentación. En el caso de esta aplicación, se ha decidido generar la documentación en formato HTML, habilitando un *endpoint* para su visualización, al igual que se hizo con el servicio de gestión de la aplicación.

Verificación de JWT

En la sección anterior, se habló de OAuth2.0 y de los JWT que se usan para la autenticación del usuario en el sistema. Dado que el servicio es externo al servicio de gestión de la lógica de la aplicación, es necesario comprobar que el usuario que accede a los recursos está autenticado. Por lo que, haciendo uso de la biblioteca PyJWT, se realiza una validación del token que llega desde el lado cliente. Y, se comprueba que el usuario exista en el sistema. Si todo va bien, se le permite al lado cliente acceder a los recursos del lado servidor.

Atendiendo a la Figura 3.2.5, una vez se ha completado el flujo, el lado cliente usa este token para comunicarse directamente con el servicio de reconocimiento facial, este servicio se encarga de validar el token gracias a la biblioteca que se ha especificado anteriormente. Una vez se ha autenticado correctamente el usuario podrá hacer uso de los recursos prestados por el servicio y se procedería al intercambio de datos visto en la Figura 3.2.6.

Servidor multi-hilo

Como se ha visto, el framework Bottle provee toda la funcionalidad necesaria para la construcción del servicio de reconocimiento facial. Pero como se puede comprobar en la documentación de dicha herramienta, no provee la funcionalidad necesaria para hacer que la aplicación atienda a más de una petición concurrentemente. Por lo que, fue necesaria otra biblioteca que le provea a Bottle esa funcionalidad de la que carece. En la documentación de Bottle se recomiendan varias bibliotecas capaces de realizar dicha funcionalidad como se ve en la Figura 3.2.7, se eligió CherryPy como biblioteca para realizar esta función. Como se pueden ver en la Figura 3.2.7, dicha biblioteca es bastante estable y realiza la función que necesitamos. Además, en un primer momento se optó por el uso de paste, dado que además de la estabilidad, ha sido testado y probado, pero carece de documentación consistente, por lo que se optó por CherryPy.

Bottle ships with a lot of ready-to-use adapters for the most common WSGI servers and automates the setup process. Here is an incomplete list:

Name	Homepage	Description
cgi		Run as CGI script
flup	flup	Run as FastCGI process
gae	gae	Helper for Google App Engine deployments
wsgiref	wsgiref	Single-threaded default server
cherrypy	cherrypy	Multi-threaded and very stable
paste	paste	Multi-threaded, stable, tried and tested
rocket	rocket	Multi-threaded
waitress	waitress	Multi-threaded, powers Pyramid
gunicorn	gunicorn	Pre-forked, partly written in C
eventlet	eventlet	Asynchronous framework with WSGI support.
gevent	gevent	Asynchronous (greenlets)
diesel	diesel	Asynchronous (greenlets)
fapws3	fapws3	Asynchronous (network side only), written in C
tornado	tornado	Asynchronous, powers some parts of Facebook
twisted	twisted	Asynchronous, well tested but... twisted
meinheld	meinheld	Asynchronous, partly written in C
bjoern	bjoern	Asynchronous, very fast and written in C
auto		Automatically selects an available server adapter

Figura 3.2.7: Tabla de adaptadores para Bottle

Capítulo 4

Métricas

En este capítulo se van a explicar las medidas que se han acumulado durante el desarrollo del proyecto. En primer lugar, se va a exponer un diagrama de Gantt, para poder reflejar el tiempo empleado en cada una de las fases del desarrollo de este proyecto. Por otra parte, se van a exponer una serie de medidas que se han realizado sobre la aplicación web, relativas a cobertura de código, vulnerabilidades, etc.

4.1. Tiempo empleado en el desarrollo del proyecto

Como se puede apreciar en la Figura 4.1.1, se han seguido las fases del desarrollo del software, dividiendo la última fase en dos periodos diferentes dentro del diagrama de Gantt. Por lo que tenemos:

- **Análisis.** Fase crítica en el desarrollo del proyecto, esto supuso que se fuese minucioso a la hora de extraer los requisitos (tanto funcionales como no funcionales), esto justifica que se necesitase casi un mes para poder pasar al diseño de la aplicación web. Se ha decidido dividir en esta fase en dos subtareas:
 - **Análisis de los requisitos.** Dicha subtarea ha tenido una duración de 13 días, en ella se han recogido todos los requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. Se era consciente de que en base a estos requisitos se iba a construir la totalidad del proyecto, esto supuso un gasto de tiempo bastante alto, como se puede comprobar en el diagrama. Era necesario tener controlado y bien definidos los requisitos que se deben de cumplir en la aplicación web. Una equivocación en esta fase supondría tener volver desde una fase más tardía en el proyecto a solucionar algún requisito mal definido.
 - **Especificación.** Esta subtarea duró el tiempo restante de la fase de análisis: 11 días. Cuando se tuvo una definición clara de los requisitos, se pasó a realizar el documento de especificación de estos. Separando entre requisitos funcionales y no funcionales, con el objetivo de realizar un diagrama de casos de uso en función de los requisitos funcionales. Además, fue necesario la estructuración de los requisitos con el objetivo de conseguir la comprensión, preparación, modificación y el mantenimiento. El fin era conseguir una primera aproximación al diseño. Cabe destacar que la duración se ve justificada a lo complicado que

resulta, en algunas ocasiones, la separación de los requisitos funcionales y no funcionales. Resulta complicado la separación entre lo funcional y no funcional e identificar los que se refieren al sistema como un todo.

- **Diseño y arquitectura.** Una vez el análisis se completó, se procedió al diseño de la aplicación. Fase del proyecto que supone la base sobre la cual se va a construir la implementación de la aplicación. Se ha decidido dividir esta fase en tres subtareas:
 - **Elección del hardware.** Esta tarea sin duda ha sido de las más cortas de todo el proceso de desarrollo: 2 días. Dado que ya se poseían de antemano el hardware necesario, no fue muy difícil su elección para el desarrollo.
 - **Elección del software.** En cambio, esta tarea necesitó más tiempo: 7 días. El tiempo empleado para seleccionar el software para el desarrollo se ve justificado en el capítulo de diseño e implementación, fueron necesarias multitud de herramientas, para la realización exitosa del proyecto.
 - **Arquitectura.** En el caso de la arquitectura, esta fue la subtarea que ha marcado el fin de la fase y sobre la que fue necesaria una gran cantidad de tiempo: 13 días. Aunque fue posible solapar esta tarea con la tarea anterior, dado que fue posible empezar a realizar algunos bocetos sobre la arquitectura del proyecto.
- **Implementación.** Cuando la fase de diseño fue completada y estuvo definida correctamente la arquitectura, se procedió a la realización de la aplicación. Esta fase es la más larga del proceso, más de un mes de duración: 32 días. Se ha dividido esta fase en dos grandes subtareas:
 - **Implementación del servicio de gestión de la lógica de la aplicación.** Esta subtarea de la fase de implementación fue la que más tiempo llevo, dado que la complejidad de esta parte de la aplicación era mucho mayor que la subtarea siguiente. Esta tarea ocupó todo el tiempo que dura la fase de implementación: 32 días. Esto es debido a que esta parte de la aplicación contiene gran parte de la funcionalidad.
 - **Implementación del servicio de reconocimiento facial.** Subtarea que ha tenido una duración total de 11 días. Es cierto que la duración es un tanto extensa, pero fue posible trabajar paralelamente en ambas partes de la aplicación, como se puede ver en el diagrama. Esto se debe a que las dos partes de la aplicación son prácticamente independientes entre sí.
- **Pruebas.** Fase del desarrollo que ha tenido una duración de 17 días. Esta fase no ha sido dividida como las anteriores. Tenemos la siguiente subtarea:
 - **Realización de test unitarios.** Subtarea que ha supuesto la totalidad de la aplicación. Fue necesario emplear más de dos semanas en esta fase, porque se quería proporcionar una cobertura del código de más del 80 %. Por lo que se procedió a la realización de una serie de test unitarios que pudiesen cubrir la mayor parte del código. Más adelante se entrará en detalle sobre la realización de las pruebas.
- **Documentación.** El fin de las pruebas dio paso a la documentación de la aplicación. Esta fase tuvo una duración total de 18 días. Dicha fase ha sido dividida en tres subtareas. Entrando más en detalle:

- **Organización de las clases.** Subtarea con una duración total de 5 días. Tarea con escasa duración debido a que no fue para nada una dificultad ordenar el código fuente, dado que se tenían las herramientas necesarias para poder llevar a cabo dicho proceso de organización. Se procedió a la organización de las clases del proyecto en paquetes ordenados por tipos. Esta organización se puede apreciar en la Figura 3.2.1. Esto sería en el caso del servicio de gestión de la lógica de la aplicación. En el caso de Python, no fue necesaria prácticamente ninguna organización, dado que la totalidad de la aplicación se encuentra en un solo fichero organizado por controladores.
 - **Configuración de Swagger para la generación de la documentación.** En cuanto a la documentación del servicio de gestión de la lógica de la aplicación, como se ha dicho en capítulos anteriores, se ha utilizado la herramienta Swagger para la generación automática de la documentación ordenada por controladores. Fue necesario la configuración de Swagger para poder realizar dicha generación. Esto tuvo una duración de 5 días.
 - **Configuración de Sphinx para la generación de la documentación.** Por otra parte, en el caso del servicio de reconocimiento facial, también es necesario documentarlo y para ello se usó Sphinx. Sphinx da la posibilidad de generar la documentación en formato HTML, usando los docstrings de los métodos. Dado que Swagger y Sphinx son herramientas completamente independientes entre ellas, se pudo realizar esta subtarea simultáneamente con la anterior. Esta subtarea ha tenido una duración de: 7 días.
 - **Incluir comentarios en el código fuente.** Subtarea más importante de esta fase del desarrollo. Sobre todo para futuras fases del desarrollo, para asegurar el mantenimiento de la aplicación. Por ello, se ha dedicado más tiempo en ella que en las demás subtareas de esta fase: 10 días.
- **Despliegue.** Una vez las fases anteriores se dieron por finalizadas, era hora de poner la aplicación en producción con el objetivo de que el lado cliente haga uso de ella. Esta fase tiene una duración total de casi un mes: 26 días. Esto se debe a que fueron necesarias la realización de bastantes subtareas para tener la aplicación preparada para que el lado cliente pueda obtener los servicios que necesita. Dichas subtareas son:
- **Preparar aplicación para el despliegue.** Como ya se sabe de capítulo anteriores del documento, el proyecto usa Maven para la gestión de las dependencias. Maven da la posibilidad de empaquetar la aplicación en un solo archivo, con el objetivo de proporcionarlo a Tomcat para su posterior despliegue. Tomcat necesita que la aplicación empaquetada esté configurada apropiadamente para que pueda ser desplegada. Esto tuvo una duración de 2 días. La duración es escasa debido a que Spring Tool Suite permite realizar la configuración a través de la interfaz gráfica de forma sencilla.
 - **Enlazar el dominio con la IP del servidor.** Una vez se contrató el servidor, como se ha especificado en capítulos anteriores, fue necesario la contratación de un dominio con el objetivo de cifrar los datos mediante SSL y poder utilizar el protocolo HTTPS. Cabe destacar que fue necesario esperar entre 24 y 48 horas para que el registro de tipo A se propagase por los servidores DNS. Por todo esto, esta subtarea ha tenido una duración total de 2 días.

- **Cifrado SSL.** Subtarea directamente relacionada con la subtarea anterior con una importancia significativa. Una vez se enlazó la IP del servidor con el dominio, se pudo proceder al cifrado SSL de los datos. En este caso fue sencillo gracias a Let's Encrypt, el cual proporciona un bot capaz de realizar el encriptado de la información siguiendo una serie de pasos. Una vez se cifraron los datos mediante SSL, se pudo proceder a utilizar el protocolo HTTPS. Esta tarea tuvo una duración de 7 días.
 - **Configuración del proxy de Apache.** Subtarea que se encuentra relacionada con las dos subtareas anteriores. Una vez se realizó la subtarea anterior, con el objetivo de eliminar el puerto donde escuchaba la aplicación por cuestiones de seguridad, se configuró el proxy de Apache para que todo el tráfico de datos fuese redirigido a través del proxy y así poder eliminar el puerto de la URL. Para ello, fue necesaria una duración de 8 días.
 - **Despliegue de la Base de Datos.** Para el despliegue de la Base de Datos fue necesario instalar MySQL en el servidor y, posteriormente, crear la Base de Datos junto con los permisos pertinentes con el objetivo de que no fuese accesible desde cualquier máquina. Subtarea que ha durado un total de 13 días. Periodo un tanto extenso, debido a que se realizaron una serie de configuraciones en la Base de Datos para su uso por parte de Spring. Cabe recordar que fue necesaria la integración de MariaDB en Spring, lo que retrasó bastante el fin de esta subtarea.
 - **Puesta en producción de la aplicación.** Una vez las subtareas anteriores se completaron, fue posible poner la aplicación en producción. Esta subtarea ha tenido una duración total de 7 días. Duración un tanto extensa debido a que el lado cliente tuvo que realizar una serie de comprobaciones de que todo funcionaba correctamente.
- **Mantenimiento**
 - **Corrección de errores o *bugs*.** Una vez la aplicación fue desplegada, se reportaron varios errores y *bugs* por parte del lado cliente que fue necesario solucionar. Se destaca que dicha aplicación se encuentra en continuo desarrollo a día de hoy, en cuestión de solución de errores y bugs, pero en el momento del despliegue se detectaron errores críticos, que fue pertinente solucionar con la mayor brevedad posible, lo cual duró 6 días.
 - **Desarrollo de nuevas funcionalidades.** Pasa algo parecido que con la subtarea anterior, la cual se ha realizado paralelamente con ella, la aplicación sigue incluyendo nuevas funcionalidades a día de hoy. Pero el lado cliente, requería de ciertas funcionalidades por temas de comodidad, por lo que fue necesario un gasto de tiempo de 12 días.

4.2. Métricas relativas a la implementación

Como se dijo en el apartado de herramientas utilizadas, se utiliza SonarQube para la realización del análisis del código fuente.

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
☐ • Análisis	1/05/18	25/05/18
• Análisis de los requisitos	1/05/18	14/05/18
• Especificación	14/05/18	25/05/18
☐ • Diseño y arquitectura	28/05/18	18/06/18
• Elección de herramientas hardw...	28/05/18	30/05/18
• Elección de herramientas software	28/05/18	4/06/18
• Arquitectura	5/06/18	18/06/18
☐ • Implementación	25/06/18	27/07/18
• Realización de la API REST en Sp...	25/06/18	27/07/18
• Realización de la API REST en Py...	16/07/18	27/07/18
☐ • Pruebas	30/07/18	16/08/18
• Realización de test unitarios	30/07/18	16/08/18
☐ • Documentación	17/08/18	27/08/18
• Organización de las clases	17/08/18	24/08/18
• Incluir comentarios en el código...	17/08/18	27/08/18
• Configuración de Swagger para ...	17/08/18	22/08/18
• Configuración de Sphinx para la...	17/08/18	24/08/18
☐ • Despliegue	28/08/18	18/09/18
• Preparar aplicación para el despl...	28/08/18	30/08/18
• Enlazar el dominio con la IP de l...	28/08/18	30/08/18
• Cifrado SSL	31/08/18	7/09/18
• Configuración del proxy de Apa...	28/08/18	5/09/18
• Despliegue de la Base de Datos	28/08/18	10/09/18
• Puesta en producción de la aplic...	11/09/18	18/09/18
☐ • Mantenimiento	19/09/18	1/10/18
• Corrección de errores o bugs	19/09/18	25/09/18
• Desarrollo de nuevas funcional...	19/09/18	1/10/18

Figura 4.1.1: Diagrama de Gantt sobre las fases del desarrollo.

En la Figura 4.2.1 se muestra el primer análisis realizado por SonarQube, a pesar de que en la Figura se puede ver como no es el primer análisis que se realiza, esto se debe a que se realizó un primer análisis de prueba, para comprobar que la herramienta analizaba los ficheros correctamente. Tenemos cuatro puntos a analizar con respecto a la Figura 4.2.1:

1. Vulnerabilidades. Las vulnerabilidades presentes en el código fuente son:
 - a) Uso de funciones que devuelven un valor y no hacer nada con ese valor devuelto
 - b) Uso de un logger en el caso de que se produzca una excepción
 - c) Utilización de objetos POJO o DTO en lugar de los modelos definidos en el proyecto
2. Code Smells. Este punto hace referencia a fallos en el código que actualmente no suponen un problema, pero que podría serlo en un futuro. En este primer análisis, se detectaron estos errores en el código fuente:
 - a) Eliminar importaciones de bibliotecas que no se usan

- b) Definición de constantes para literales que se repiten N veces
 - c) Eliminar código fuente comentado
 - d) Reemplazo de algunas anotaciones por otras que realizan la misma función en menos código
 - e) Eliminar el tipado en la notación de diamante en algunos métodos.
 - f) Reemplazar los `System.out` por el uso de un `Logger`
3. Cobertura de código. A pesar de ser el primer análisis realizado en la aplicación, cabe destacar que este análisis fue realizado después de la realización de las pruebas unitarias de la aplicación y a pesar de que no pasa el control de calidad de SonarQube, se tiene un 78 % cobertura de código por parte de los test unitarios. Además, en este punto del análisis, no se habían excluido los ficheros de configuración de la aplicación, el fichero referente a desplegar la aplicación en local, los ficheros referentes a los repositorios que no dejan de ser interfaces vacías, dado que los repositorios implementan la interfaz encargada de realizar las operaciones básicas contra la Base de Datos.
4. Duplicación de código. En el primer análisis ya se tuvo un tanto por ciento de publicación bastante bajo. Este resultado no es novedad en una aplicación de este tipo, resulta bastante complicado que dos controladores cualesquiera, que responden a dos peticiones HTTP cualesquiera, se parezcan. Aun así, en la aplicación existe un pequeño índice de duplicación correspondiente a dos bloques de código de controladores referentes a la búsqueda de información, dado que el código es idéntico hasta que se procede a la búsqueda por un determinado atributo.

Una vez se realizó el primer análisis con SonarQube, se procedió a solucionar los fallos en el código, y se realizó un segundo análisis en el que se tuvo una mejora considerable en todos los puntos descritos anteriormente.

El segundo análisis se tiene en la Figura 4.2.2. En este segundo análisis, se fue capaz de mejorar la cobertura de código de los test unitarios, dado que existían bastantes porciones de código, que realizaban funcionalidades de mucha importancia en la aplicación. Además, dado que se han reducido las vulnerabilidades del código y los Code Smells, la aplicación ha pasado el control de calidad de SonarQube. Como se puede apreciar, no ha habido mejora alguna en los Code Smells dado que, de cierta forma, son los menos urgentes a solucionar. Tampoco en el caso de la duplicación, de momento se ha prescindido de mejorar el tanto por ciento de duplicación, dado que se da concretamente en el controlador encargado de la búsqueda de Usuarios. Esto último se verá en el siguiente y último análisis.

En el tercer análisis visto en la Figura 4.2.3. Este último análisis trae consigo las mejoras definitivas con respecto al código fuente. Se han realizado las siguientes mejoras:

- Se han solucionado todas las vulnerabilidades y los bugs en el código. Como se precisó anteriormente, se ha incluido un logger en la aplicación para mostrar excepciones. Se han creado DTO o POJO en el proyecto, con el objetivo de no utilizar los modelos que se han definido en el proyecto. Además, existían una serie de funciones que devolvían un valor y no se hacía nada con ello. En el caso de este código, se trataba de funciones que daban permisos a determinados ficheros y que devolvían un valor booleano indicando si el permiso pudo ser modificado.

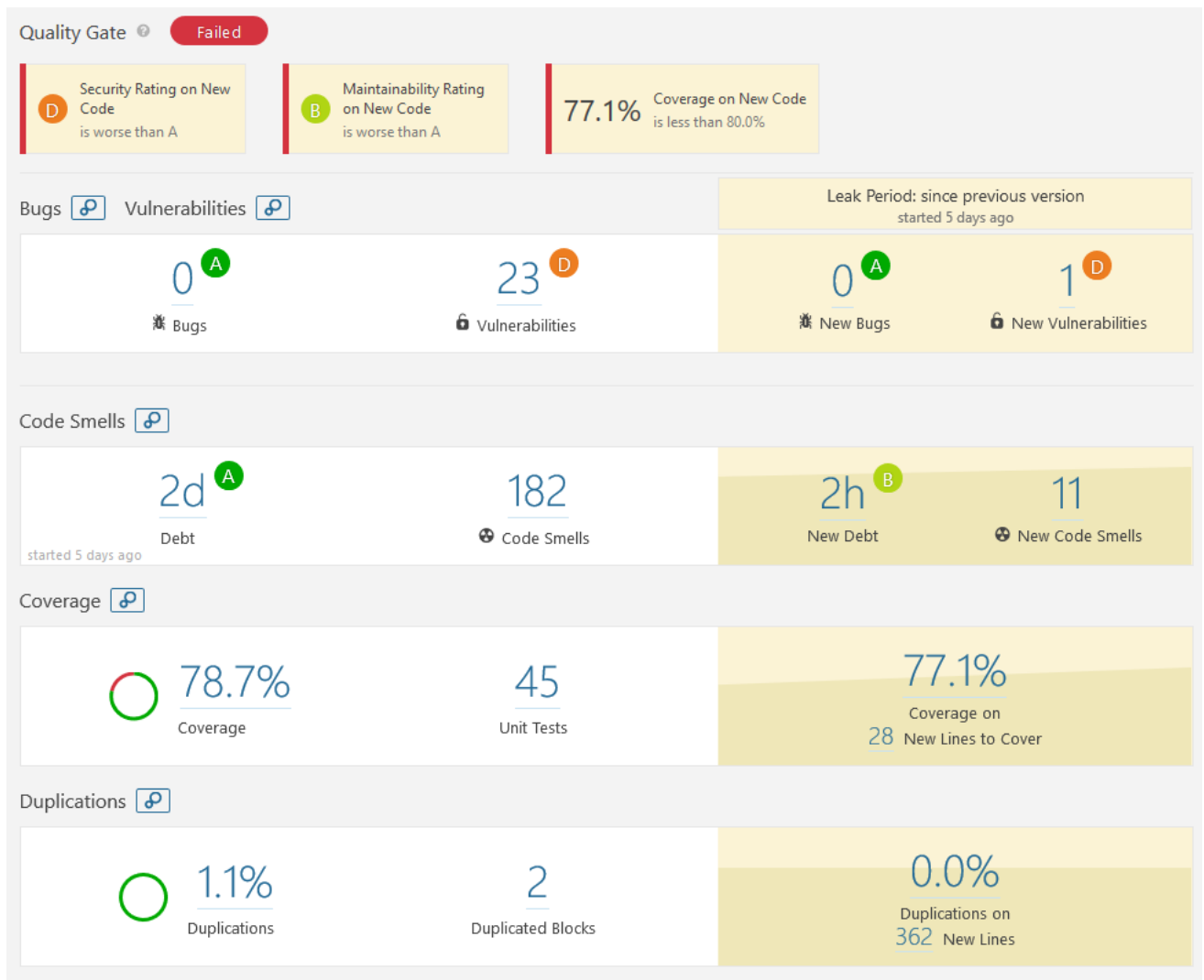


Figura 4.2.1: Primer análisis de SonarQube sobre la aplicación

- Se han solucionado la gran parte de los Code Smells. En el caso de los Code Smells, se han eliminado las importaciones de bibliotecas que no tienen un uso en el código. Se ha creado una clase de constantes con el objetivo de la utilización reiterada de literales. Se han eliminado grandes cantidades de código comentado que podía suponer un problema. Se han reemplazado las anotaciones “@RequestMapping” por anotaciones propias de cada método HTTP, por ejemplo “@GetMapping”. Se ha eliminado el tipo en la notación de diamante por no ser necesario en uno de los lados de la asignación para la declaración de objetos. Se ha usado, al igual que con las excepciones, con objetivo de depurar el código el uso de un logger en lugar de mostrar por salida estándar la información haciendo uso de “System.out”
- Se ha conseguido una cobertura de casi el 90 %. Se han añadido test unitarios para aumentar la cobertura del código teniendo el tanto por ciento que se ve en la Figura 4.2.3.
- Se ha conseguido una duplicación del 0 %. Con objetivo de llegar al 0 % de duplicación en comparación con los análisis anteriores, se realizaron cambios en los controladores para que no se repitiesen los dos bloques de código.

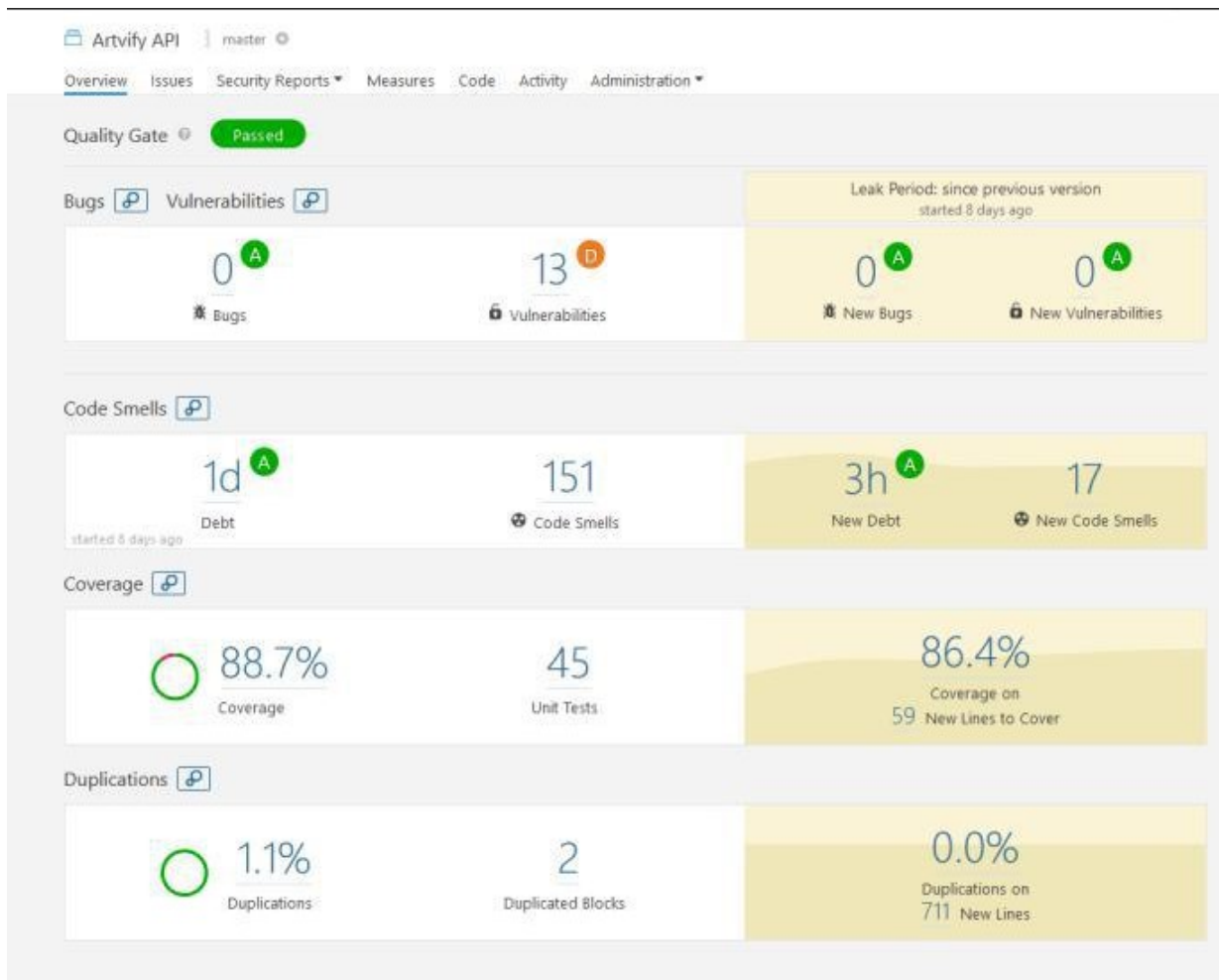


Figura 4.2.2: Segundo análisis de SonarQube sobre la aplicación

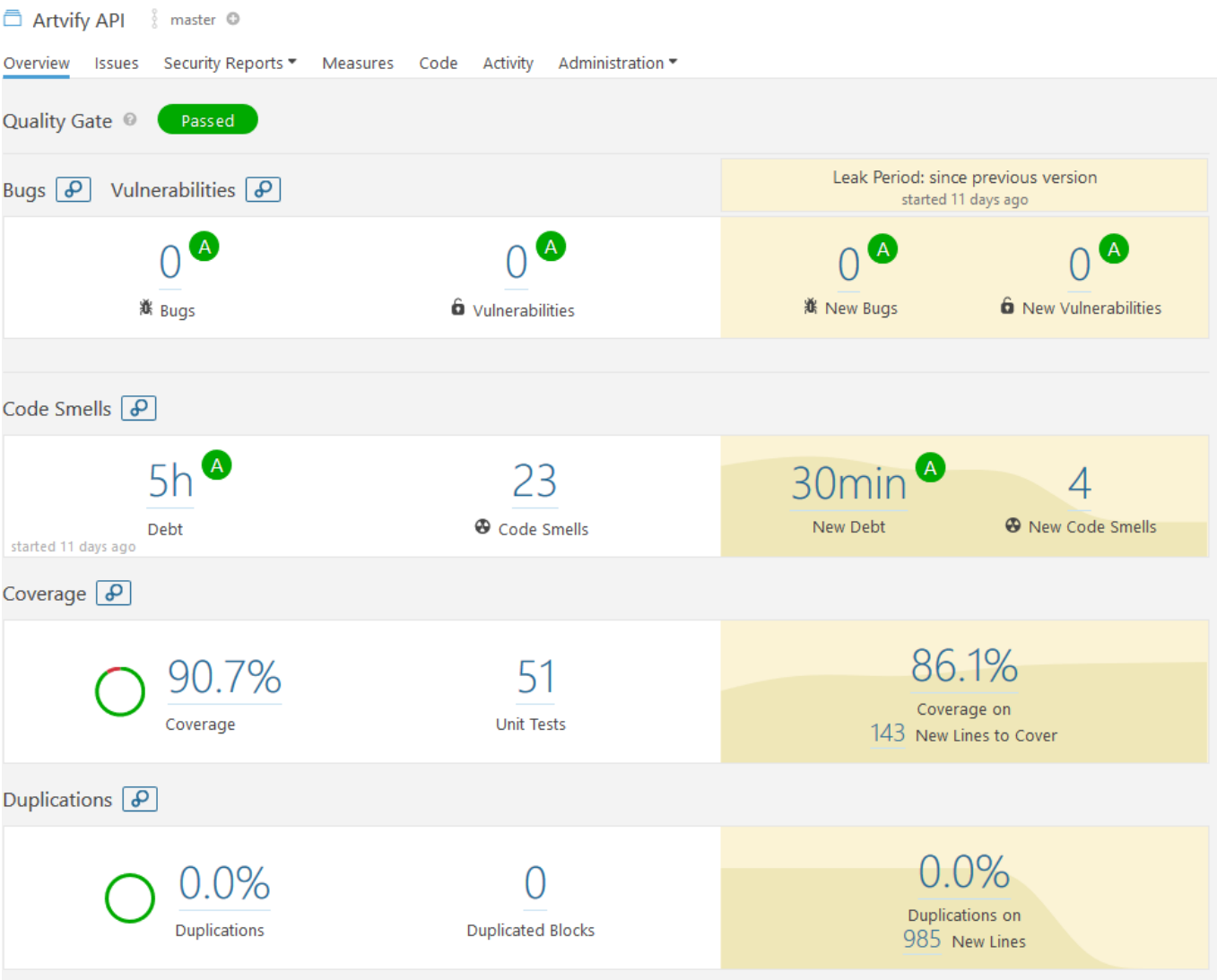


Figura 4.2.3: Tercer análisis de SonarQube sobre la aplicación.

Capítulo 5

Conclusiones

En este último capítulo se van a presentar las conclusiones del Trabajo de Fin de Grado junto con las posibles continuaciones de este. Se expondrán dos secciones donde se explicarán estos temas.

5.1. Objetivos cumplidos

En general se puede concluir que se han cumplido todos los objetivos. El resultado se puede descargar desde el siguiente enlace a GitHub: https://github.com/PatriciadeGregorio/TFG_Back. A continuación, se describe como se han cumplido cada uno de los objetivos específicos.

- **Proporcionar al lado cliente una serie de servicios que le provea los recursos que necesita para: gestionar usuarios, gestionar el inicio de sesión y el registro de los usuarios, gestionar la realización de publicaciones, realizar sugerencias a los usuarios y gestionar la realización de comentarios en las publicaciones.** Se han construido dos servicios. Uno de ellos desarrollado en Java con ayuda de Spring Framework. Dicho servicio contiene el 80 % de la funcionalidad y es capaz de proporcionar al lado cliente la gran parte de los recursos que necesita. El otro servicio, desarrollado en Python mediante un framework web llamado Bottle, contiene una mejora relacionada con la Visión Artificial, de la cual se hablará en objetivos siguientes.
- **Diseñar un servicio sencillo e intuitivo que ofrezca los servicios de red social.** Este objetivo se cumple con el desarrollo del servicio de gestión de la red social, dado que en este TFG se ha desarrollado un servicio REST capaz, no solo de atender al lado cliente, sino de proporcionar códigos de error que permiten saber qué ha ido mal en las peticiones. El lado cliente tiene bien definidos los *endpoints* dado que se ha proporcionado una buena documentación para ambos servicios
- **Proporcionar al lado cliente una documentación consistente acerca de la aplicación, en particular: documentación referente al servicio de gestión de la red social y referente al servicio encargado de la Visión Artificial.** Se ha proporcionado al lado cliente una documentación consistente. En el caso del servicio encargado de la gestión, se ha proporcionado una documentación generada

por Swagger. Por otra parte, en el caso del servicio de reconocimiento facial se ha generado la documentación gracias a Sphinx. En ambos casos, se ha cumplido el objetivo de proporcionar la documentación al lado cliente.

- **Desarrollar un sistema de visión artificial que permita el reconocimiento facial en las personas que aparezcan en las fotos subidas a la red social.** Objetivo cumplido gracias al uso de la biblioteca de reconocimiento facial [8] y al uso de Python. El sistema es capaz de realizar exitosamente el reconocimiento de caras en una imagen, dado que tiene una precisión de casi el 100 % [Built using dlib's state-of-the-art face recognition built with deep learning. The model has an accuracy of 99.38 % on the Labeled Faces in the Wild benchmark. 8]. Además, dicho sistema es capaz de aprender de las caras que ha reconocido hasta el momento para un determinado usuario, en función de su actividad en la aplicación.
- **Desarrollar un servicio para el sistema de Visión Artificial de reconocimiento facial.** En relación con el objetivo anterior, una vez se tuvo el sistema funcionando, se utilizó el microframework web Bottle para poder construir una aplicación web accesible por el lado cliente. Así que se habilitaron dos *endpoints* para que el cliente pudiera hacer uso de la funcionalidad desarrollada en el objetivo anterior.
- **Desarrollar un esquema de base de datos.** Meta conseguida gracias a la arquitectura que se ha elegido para los servicios. Como ya se comentó, el servicio encargado de la gestión de la aplicación se desarrolla en Spring, utilizando el módulo Spring Data, el cual se encarga de realizar la traducción de modelos de datos a entidades en la Base de Datos. Además, gracias a las anotaciones propias de Spring fue posible enlazar las entidades generando el esquema que se puede ver en el diagrama Entidad-Relación de la Figura 3.2.3.
- **Entender en profundidad lo que supone desarrollar un software desde cero.** Como se dijo en el capítulo de Introducción, concretamente en la sección de Motivación, se pretende comprender lo que es el desarrollo de un software desde la fase de análisis hasta el despliegue de la aplicación. Este objetivo se ha cumplido como se puede comprobar en este documento, en el que se ha desarrollado un software, que ha pasado por todas las fases de desarrollo de un software.
- **Tener un entorno en local para el desarrollo y un entorno de producción para probar lo desarrollo de cara al cliente.** En el caso del servicio encargado de la gestión de la aplicación, se utiliza Spring Tool Suite para el desarrollo en local y para el empaquetamiento de la aplicación con el objetivo de ponerla en producción. Se tiene una Base de Datos que tendrá información relativa al desarrollo en local. Por otra parte, el entorno en producción se tiene un VPS el cual tiene instalado Apache Tomcat para el despliegue de la aplicación, aparte de una Base de Datos para almacenar la información en producción. En otro orden de cosas, en el caso del servicio de reconocimiento de caras, se tiene un desarrollo en local en PyCharm usando una Base de Datos para el desarrollo en local. Al igual que el servicio de gestión de la red social, se despliega la aplicación en el VPS con ayuda del framework web Bottle para la puesta en producción. Además de esto, se utiliza CherryPy para que el servidor desplegado por Bottle sea capaz de atender más de una petición concurrentemente.

- **Realizar pruebas de los servicios desarrollados.** Una vez se desarrollaron ambos servicios, se procedió a las pruebas de estos mediante, por una parte la realización de test unitarios de Java en el caso del servicio desarrollado para la gestión de la aplicación y el uso de WebTest [29], en el caso del servicio de reconocimiento facial.
- **Búsqueda y uso de herramientas que hagan posible la realización de los objetivos nombrados hasta ahora.** Como ya se comentó en el capítulo de Diseño e Implementación, concretamente en la sección de Herramientas utilizadas, se han usado varias herramientas para el correcto desarrollo de la aplicación. Y llegados a este punto, se puede ver claramente como este objetivo se ha cumplido completamente, porque se ha desarrollado exitosamente la aplicación gracias a las herramientas utilizadas. Entre ellas se pueden destacar: Java, Spring, Python, Face Recognition, MySQL y MariaDB.

5.2. Futuros trabajos

Una vez se ha terminado el desarrollo de proyecto se han tenido una serie de consideraciones en relación a incluir una serie de funcionalidades en la aplicación en el futuro. Dichas funcionalidades se van a detallar a continuación.

En primer lugar, una mejora urgente que se debería realizar en la aplicación es un aumento de los recursos en términos de GPU del servidor. El servicio de reconocimiento facial hace un uso intensivo de la GPU del servidor para el reconocimiento facial, y ya se ha tenido que realizar una reducción de la resolución de las fotos para poder realizar el reconocimiento.

Sería una buena práctica incluir test de integración con el objetivo de comprobar con exactitud si la capa de los repositorios o DAO junto con la capa de los servicios están debidamente integradas con la totalidad de la aplicación, ya que actualmente solo se tienen test unitarios comprobando la cobertura del código.

Haciendo hincapié en el servicio encargado de la gestión, sería de una gran ayuda para el lado cliente que se incluyese la posibilidad de que, una vez registrado en el servidor, fuese posible realizar una confirmación vía email o mediante SMS. Además, también se debería de incluir la funcionalidad referida a la recuperación de credenciales, lo cual está directamente relacionada con la funcionalidad que se ha mencionado anteriormente.

Dado que el proyecto está diseñado para ser usado desde una aplicación cliente de carácter social, una funcionalidad que estaría bien incluir sería la posibilidad de tener un servicio de mensajería instantánea. Con la posibilidad de que los usuarios fuesen capaces de tener un canal privado para hablar únicamente con una persona, o ser capaces de crear grupos donde poder hablar con varias personas a la vez.

Actualmente, se tiene todo el proyecto alojado en el mismo servidor, la Base de Datos usada para desarrollo y producción y los dos servicios están alojados en el mismo servidor. Por cuestiones de seguridad, una muy buena mejora sería alojar las aplicaciones en distintos servidores.

Una vez más, hablando del servicio encargado de la lógica de la aplicación, se puede incluir una mejora considerable a la aplicación. Actualmente, el servicio está construido como un monolito, donde conviven todos los controladores que se encargan de atender las peticiones relacionadas con los diferentes modelos de la aplicación (usuarios, comentarios,

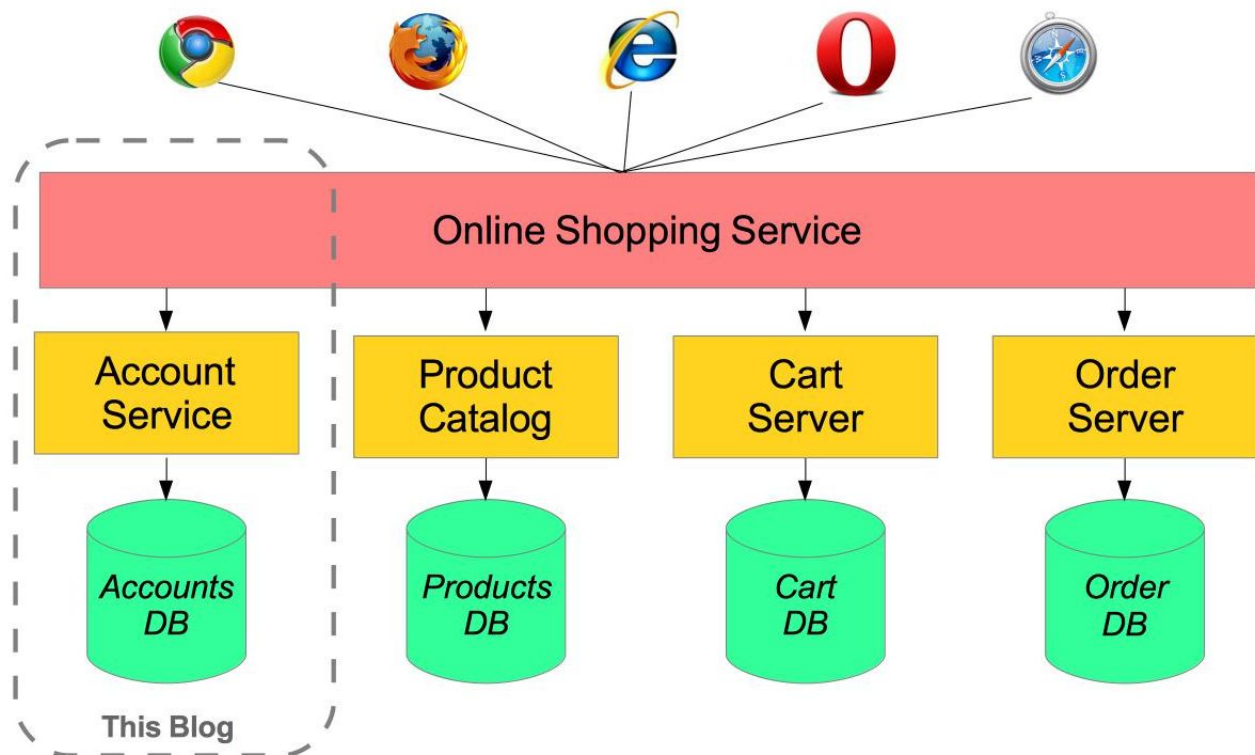


Figura 5.2.1: Microservicios en Spring

publicaciones, imágenes y caras). Teniendo en cuenta esto, sería una buena práctica crear microservicios en el que cada uno se encargue de atender las peticiones de cada modelo. Por lo que, si esta funcionalidad se pusiese en práctica, se tendrían 5 microservicios, uno por cada modelo de la aplicación, cada uno con su propia Base de Datos, sus repositorios y sus servicios. En la Figura 5.2.1 extraída de un blog de Paul Chapman, un consultor senior del equipo de Spring [6], se ve como el lado servidor tiene modularizado cada uno de los modelos, separándolos por microservicios sin que eso afecte al lado cliente, que va a seguir accediendo a los servicios que provee el lado servidor de la misma forma. Así, si se incluyese esta mejora en la aplicación, aumentaría la escalabilidad y la mantenibilidad de la aplicación sin que el usuario se viese afectado.

Continuando con la funcionalidad anterior y en relación con el servicio de reconocimiento facial, para poder acceder a este servicio es necesario utilizar un *endpoint* diferente, esto significa que los servicios no están relacionados entre sí de ninguna forma, simplemente se cambia la ruta para acceder a un servicio u otro. Una funcionalidad a incluir sería, utilizando los microservicios explicados en el apartado anterior, realizar las llamadas referentes al servicio de reconocimiento facial desde el servicio encargado de la gestión teniendo obviamente un microservicio dedicado a las llamadas referentes al servicio de reconocimiento facial, de manera que todo fuese homogéneo de cara al lado cliente.

Por último, una funcionalidad a incluir con relación al despliegue es el uso de Docker. Esta tecnología se podría definir de la siguiente forma: [Docker is an open platform for developers and sysadmins to build, ship, and run distributed applications, whether on laptops, data center VMs, or the cloud. 7]. Esta definición ha sido extraída de la página web de Docker y viene a decir que gracias a esta herramienta el desarrollador es capaz

de encapsular su aplicación en un contenedor, junto con lo que necesite para su funcionamiento, como bibliotecas o dependencias. Actualmente, la aplicación desarrollada en este TFG tiene unas especificaciones concretas y funciona sobre un Sistema Operativo concreto. Ahora bien, con el uso de Docker sería posible empaquetar la aplicación en un contenedor, haciendo posible su distribución sin tener en consideración en que Sistema Operativo se ejecute.

Bibliografía

1. *¿Qué es Spring Boot?* <https://www.arquitecturajava.com/que-es-spring-boot/>.
2. *API Gateway OAuth 2.0 Authentication Flows* https://docs.oracle.com/cd/E39820_01/doc.11121/gateway_docs/content/oauth_flows.html.
3. BBVAOPEN4U. *API REST: qué es y cuáles son sus ventajas en el desarrollo de proyectos* <https://bbvaopen4u.com/es/actualidad/api-rest-que-es-y-cuales-son-sus-ventajas-en-el-desarrollo-de-proyectos>.
4. *Biblioteca dlib* <http://dlib.net/>.
5. *Bottle* <https://bottlepy.org/docs/dev/>.
6. Chapman, P. *Microservices with Spring. Engineering* (2015).
7. *Docker* <https://www.docker.com/>.
8. *Face Recognition* https://github.com/ageitgey/face_recognition.
9. *Flujo del token de soporte JWT de OAuth 2.0* https://help.salesforce.com/articleView?id=remoteaccess_oauth_jwt_flow.htm&type=5.
10. *GoDaddy* <https://es.godaddy.com/>.
11. *Intro to Inversion of Control and Dependency Injection with Spring* <https://www.baeldung.com/inversion-control-and-dependency-injection-in-spring>.
12. *JWT Python Library* <https://pyjwt.readthedocs.io/en/latest/>.
13. *Let's Encrypt* <https://letsencrypt.org/>.
14. *Maven vs Gradle* <https://gradle.org/maven-vs-gradle/>.
15. Moreno, C. G. *¿Qué es el Deep Learning y para qué sirve? Blog Neo.* <https://www.indracompany.com/es/blogneo/deep-learning-sirve> (2016).
16. *OpenCV* <https://opencv.org/>.
17. *OpenCV Tutorials* https://opencv-python-tutroals.readthedocs.io/en/latest/py_tutorials/py_gui/py_video_display/py_video_display.html.
18. *os — Miscellaneous operating system interfaces* <https://docs.python.org/2/library/os.html>.
19. *OVH* <https://www.ovh.es/>.
20. *Python MySQL Connector* <https://dev.mysql.com/downloads/connector/python/>.
21. *Servidores VPS y dedicados* <https://es.godaddy.com/help/que-es-un-servidor-virtual-privado-154>.

22. *Simple CV* <http://simplecv.org/>.
23. *Spring Boot* <https://spring.io/projects/spring-boot>.
24. *Spring Data* <https://spring.io/projects/spring-data>.
25. *Spring Framework* <https://spring.io/>.
26. *Spring MVC* <https://docs.spring.io/spring/docs/current/spring-framework-reference/web.html>.
27. *Springfox Swagger UI* <https://springfox.github.io/springfox/docs/current/>.
28. *Swagger* <https://swagger.io/>.
29. *Testing Applications with WebTest* <http://webtest.pythonpaste.org/en/latest/index.html>.
30. *The IoC container* <https://docs.spring.io/spring/docs/3.2.x/spring-framework-reference/html/beans.html><https://docs.spring.io/spring/docs/3.2.x/spring-framework-reference/html/beans.html>.