



# Deusto

Facultad de Ingeniería  
Ingeniaritza Fakultatea

## **Grado en Ingeniería Informática**

### **Informatikako Ingeniaritzako gradua**

### **Proyecto fin de grado**

### **Gradu amaierako proiektua**

Estudio sobre la privacidad en el aprendizaje federado mediante el desarrollo de un sistema de recomendación online

Ibai Guilén Pacho

Director: Diego Casado Mansilla

Bilbao, mayo de 2021



# Índice general

<b>1. Objetivos y Alcance</b>	<b>1</b>
1.1. Obejetivos . . . . .	1
1.1.1. Generales . . . . .	1
1.1.2. Específicos . . . . .	1
1.2. Alcance . . . . .	3
1.2.1. Dentro del alcance . . . . .	3
1.2.2. Fuera del alcance . . . . .	3
<b>2. Metodología</b>	<b>5</b>
2.1. Consideraciones . . . . .	5
2.2. Metodología de Investigación . . . . .	5
2.3. Metodología de desarrollo . . . . .	7
2.4. Conclusión . . . . .	7



# Índice de figuras

2.1. Ciclo empírico de A.D. de Groot (Fuente: Wikipedia[1]) . . . . .	6
2.2. Modelo en el Espiral, Autor Desconocido (Fuente: Blog[2]) . . . . .	8
2.3. Metodología de trabajo del proyecto final de grado (Autor: Ibai Guillén) . . . . .	8



# Índice de tablas





# Capítulo 1

## Objetivos y Alcance

### 1.1. Obejetivos

Los objetivos de este proyecto pueden clasificarse en varios grupos. Por un lado están los objetivos generales, objetivos que a simple vista no tienen hitos específicos para en qué estado se encuentran y si se han cumplido o no.

Por otro lado se encuentran los objetivos específicos, estos, al contrario que los generales, son hitos específicos fácilmente identificables que permiten saber si la tarea se ha completado, y en caso contrario saber en qué estado se encuentra la tarea. Dentro de este grupo se encuentran los objetivos específicos de desarrollo, apartado donde se agrupan los objetivos que permiten saber en qué estado de desarrollo se encuentra el proyecto y que funcionalidades incorpora. Pero además, también se encuentran los objetivos de estudio, donde se incluyen los objetivos que tienen que ver con el estudio de los diferentes experimentos que se realizarán.

#### 1.1.1. Generales

El objetivo general de este proyecto es el de desarrollar un sistema de recomendaciones online basado en federated learning. Este sistema se desarrollará sobre un sistema de recomendaciones ya existente basado en Machine Learning y deberá adaptarlo para su correcto funcionamiento con información descentralizada.

Para respetar la privacidad y derechos de los usuarios el proyecto deberá incluir la privacidad como patrón de diseño, cumpliendo tanto con las normativas vigentes en Europa y España, como con las posibles nuevas medidas que entren en vigor en un futuro.

Por último, el sistema deberá asegurar que la información se quede en el dispositivo y no se comparta ninguna información que no sea la del propio modelo desarrollado por el participante de la red.

#### 1.1.2. Específicos

Los objetivos específicos son fácilmente reconocibles y concretos, lo que permite saber con exactitud cuando se han cumplido los objetivos y cuando no.

## 1. Objetivos y Alcance

### 1.1.2.1. De desarrollo

Los objetivos de desarrollo tienen que ver con el correcto desarrollo del sistema de recomendación basado en federated learning.

**Parametrización y configuración:** Se tendrán que configurar las plataformas de desarrollo para poder ejecutar el sistema de recomendación centralizado con mayor rapidez y agilizar el desarrollo del proyecto. También se tendrán que configurar las Raspberries y la Jetson Nano, aprovisionarlas del software necesario para ejecutar en ellas el sistema de recomendación y ejecutarlo sin problemas.

**Desarrollo:** Se desarrollarán todas las características de los sistemas de recomendación derivadas de la fase de investigación.

### 1.1.2.2. De investigación

Los objetivos de investigación, al contrario que los de desarrollo, tienen que ver con la búsqueda de soluciones a las incógnitas del proyecto. Es decir, suplir las limitaciones derivadas del federated learning, además de la formación del propio alumno en esta tecnología.

**Formación:** El alumno deberá formarse en conocimientos sobre Inteligencia Artificial para poder comprender los conceptos. También deberá familiarizarse con el código del sistema de recomendación para poder realizar las modificaciones pertinentes en él. Además, el alumno deberá leer artículos científicos sobre federated learning para comenzar a investigar las soluciones a los problemas derivados del proyecto.

**Sistema de recomendación:** Se deberá investigar la forma de combinar modelos de IA de cada Raspberry. Además, se investigarán y realizarán las modificaciones pertinentes en el sistema de recomendación para cumplir los siguientes puntos:

- Que sea capaz de obtener las recomendaciones para un único usuario en concreto.
- Que sea capaz de guardar y cargar los modelos entrenados de LightFM.
- Que el modelo de LightFM sea capaz de admitir aprendizaje incremental.

### 1.1.2.3. De estudio

Los objetivos de estudio tienen que ver con el análisis de los resultados del sistema de recomendación basado desarrollado sobre federated learning.

**Análisis:** El estudio del sistema deberá analizar la diferencia de rendimiento entre el sistema de recomendación con información centralizada y distribuida. Y analizar cómo afectan los distintos modelos y su combinación al rendimiento del sistema de recomendación.

**Privacidad:** Hay que valorar y analizar la privacidad y seguridad de los datos personales de los usuarios tanto en el modelo central, como en el distribuido. Se deberán evitar los problemas de seguridad y privacidad implícitos de la implementación de un sistema de recomendación basado en federated learning

## **1.2. Alcance**

En el alcance se centra en concretar qué objetivos entran en el desarrollo del proyecto y cuáles no. Para ello se ha dividido este apartado en dos grupos, los objetivos y tareas que entran en el alcance del proyecto y los que no. La segregación en estos grupos nos permite concretar con más precisión los límites del proyecto, evitando que el proyecto se amplíe más allá de sus límites.

### **1.2.1. Dentro del alcance**

Entran dentro del alcance los objetivos y tareas derivadas del desarrollo de un sistema de recomendación basado en federated learning, tanto las tareas de parametrización y configuración del hardware como el desarrollo de software. Esto incluye todos los objetivos específicos de desarrollo mencionados en el apartado anterior.

Del mismo modo quedan dentro del alcance los objetivos de investigación del apartado anterior, ya que son indispensables para el correcto desarrollo del sistema de recomendación

También se incluye el estudio y análisis de los resultados del sistema de recomendación, así como su precisión y sus inconvenientes, es decir, todo lo comentado en los objetivos específicos de estudio.

Para finalizar se incluirá un estudio de la estabilidad legal del sistema en el tiempo. Esto incluye la corroboración del cumplimiento de las actuales medidas de protección de datos y el estudio de las posibles futuras medidas, legislaciones y derechos que limiten el uso de información en Europa.

Todo esto quedará recogido en la memoria técnica del proyecto que será entregada como proyecto fin de grado.

### **1.2.2. Fuera del alcance**

Fuera del alcance queda cualquier estudio de mercado sobre si la solución sería viable económicamente además de cualquier estudio de alternativas a federated learning.

No se incluirá ni se recogerá ninguna legislación fuera del marco jurídico Español y del Ordenamiento jurídico de la Unión Europea. Lo que deja fuera del alcance cualquier derecho, legislación o restricción de cualquier estado u organización ajeno a los comentados.

Queda fuera del alcance también la encriptación de las comunicaciones entre los diferentes dispositivos.

## 1.Objetivos y Alcance

## Capítulo 2

# Metodología

La metodología es un factor muy importante de este proyecto, es la hoja de ruta a seguir, y por ello hay que definirla con precisión y saber cual es la más apropiada.

### 2.1. Consideraciones

Debido a los objetivos mencionados en el apartado correspondiente anterior, queda claro que existen varios tipos de objetivos en el proyecto. La metodología deberá ayudar a cumplir todos los objetivos específicos para cumplir los objetivos generales. Sin embargo, dentro de los específicos se puede observar que coexisten tres tipos diferentes: de desarrollo, de investigación y de estudio.

Es difícil utilizar una misma metodología para el correcto desarrollo de los tres objetivos, ya que pertenecen a distintas disciplinas, por lo que se ha optado por combinar distintas metodologías para ello. De esta forma se consigue conducir todos los objetivos en una misma dirección. Las metodologías que se combinarán serán:

- Metodología Cuantitativa, metodología de investigación.
- Modelo espiral, metodología de desarrollo de software.

### 2.2. Metodología de Investigación

La metodología cuantitativa es una metodología de investigación que se centra en la recopilación y el análisis de los datos, lo que nos servirá como guía para los objetivos de estudio y el análisis de los resultados de los experimentos.

Esta metodología dice que se deben llevar a cabo varias fases de las que solo se realizarán las siguientes tres:

1. Definir claramente el problema y lo que se quiere hacer.
2. De delimitar el problema, concretar el alcance de la investigación.
3. Revisión de la literatura, buscar los conocimientos necesarios para realizar el estudio.

Después de haber realizado las tres fases de la metodología de la investigación se aplicará la investigación empírica al estudio, ya que encaja perfectamente con el planteamiento de este proyecto. Esta forma de investigación es una forma de obtener conocimiento a través de la observación o experiencia. Además, mediante este método se nos incita a probar distintos experimentos y modificaciones de estos con el objetivo de encontrar resultados diferentes.

Para aplicar esta metodología se usará Ciclo empírico de A.D. de Groot (Fig.2.1). Este ciclo nos ayuda a ordenar y entender las fases del proyecto, a conocer los siguientes pasos y a no perdernos. En el primer paso se encuentra la observación, como el alumno ya ha adquirido la formación en el

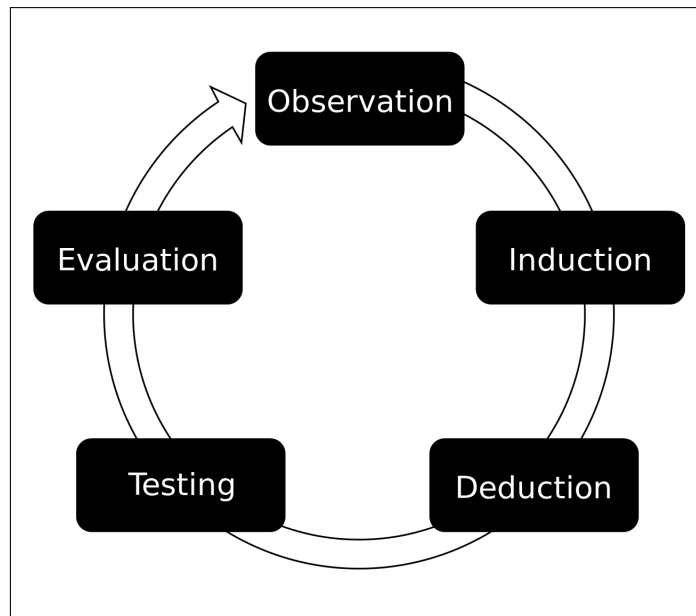


Fig. 2.1: Ciclo empírico de A.D. de Groot (Fuente: Wikipedia[1])

apartado tres de la metodología cuantitativa podrá empezar observando cómo funciona el sistema de recomendación. A medida que se den más vueltas al modelo, esta observación se realizará sobre los resultados de los experimentos a la hora de aplicar federated learning.

En el segundo paso, el de inducción, se plantean las ideas o hipótesis acerca del paso de observación. En la primera vuelta estas hipótesis e ideas serán sobre lo que ha aprendido el alumno y sobre cómo se aplicará el federated learning al proyecto. En las demás vueltas serán sobre los resultados observados y cómo estos afectan al proyecto y al estudio y qué mejoras podrían realizarse.

Tanto la fase de deducción, donde se formulan los experimentos y pruebas a realizar, como la de pruebas, donde se realizan los experimentos para probar las hipótesis y recopilar datos, se sustituirán por la metodología de desarrollo de software en espiral. De esta forma, el modelo del ciclo empírico quedaría combinado con el de espiral para que la investigación y los experimentos que se están realizando mediante software sean concretos y tengan una correcta gestión (véase fig.2.3).

En el paso de evaluación, se interpretan los resultados de los experimentos de los anteriores dos pasos. En este apartado se hará un gran uso de la estadística para mostrar la información, tanto gráficamente como analíticamente.

Se pueden realizar tantas vueltas al ciclo empírico como sean necesarias.

### 2.3. Metodología de desarrollo

El modelo en espiral (Fig.2.2) formará parte del ya mencionado Ciclo empírico y agrupará los pasos de formulación de los experimentos y su ejecución. Se ha optado por incluir esta metodología dentro de otra para detallar más profundamente cómo será el proceso de desarrollo de software derivado de la investigación realizada.

Se ha elegido este modelo entre otros por varias razones importantes:

- Define claramente lo que es un ciclo completo, los pasos a dar y las tareas a realizar. También fija los objetivos al inicio de cada ciclo de la espiral, lo que unido al paso de inducción del ciclo empírico implica que se definen objetivos claros y concisos sobre las hipótesis planteadas.
- Al ser un modelo continuo, se pueden realizar tantas iteraciones sobre la espiral como se necesiten, permitiendo desarrollar tantos experimentos como hipótesis se plantean en el apartado de inducción del ciclo empírico. Además, cada vuelta de la espiral incluye el desarrollo de prototipos (lo que en este caso sería un experimento), que al contar con una fase de integración consigue que puedan coexistir todos en el mismo entorno de desarrollo.
- Cumple con las fases de Deducción y Testeo del ciclo empírico ya que Incluye los pasos de estas en la fase de desarrollo de la espiral.
- Por último y más importante, se ha elegido esta metodología porque tiene en cuenta la gestión y análisis de riesgos. Esto tiene gran importancia al tratarse de un proyecto complejo con múltiples dispositivos y tanta cantidad de pruebas a realizar.

### 2.4. Conclusión

Como se ha comentado anteriormente, la agrupación de estas dos metodologías permitirá combinar la investigación con el desarrollo de software, descubriendo a base de prueba y error y a base de analizar los resultados las mejores soluciones para el sistema de recomendación basado en federated learning.

Partiendo de los pilares de la metodología de investigación cuantitativa se adoptará el ciclo empírico y la metodología de desarrollo en espiral para que el proyecto se desarrolle con normalidad.

Por lo cual, una vez el alumno haya definido claramente el problema, su alcance y se haya formado en la tecnología a utilizar podría comenzar a utilizar el ciclo presente en la figura 2.3.

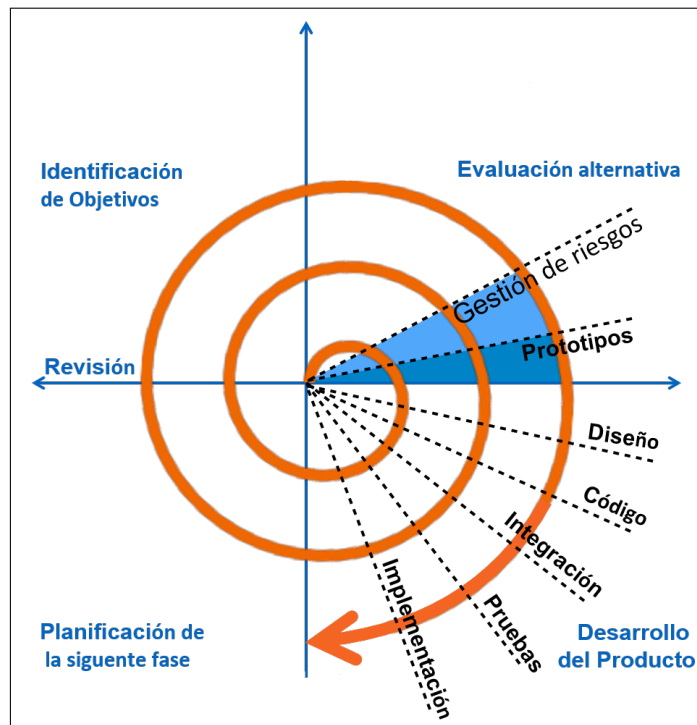


Fig. 2.2: Modelo en el Espiral, Autor Desconocido (Fuente: Blog[2])

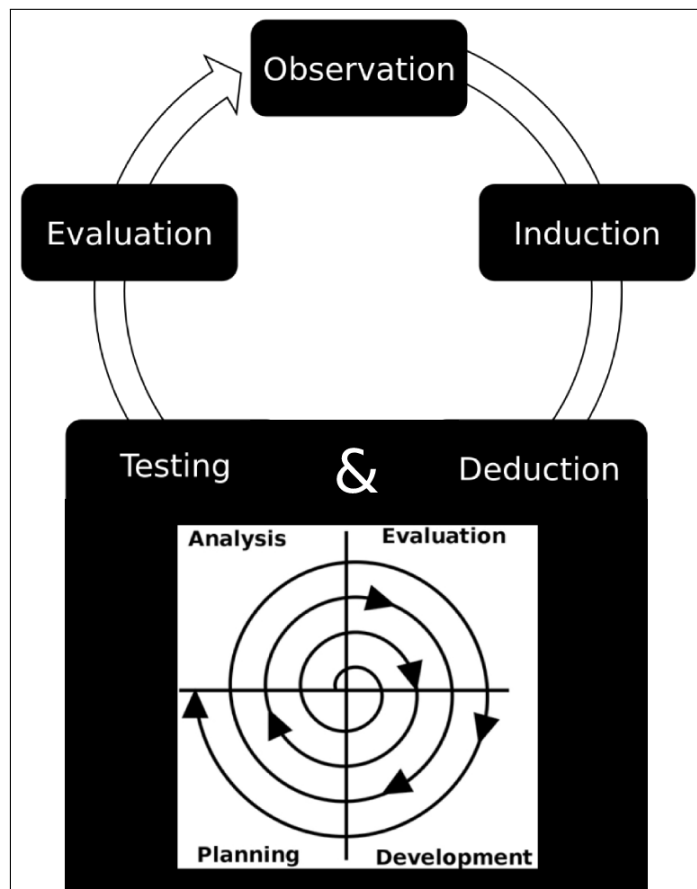


Fig. 2.3: Metodología de trabajo del proyecto final de grado (Autor: Ibai Guillén)



# Bibliografía

- [1] *Investigación empírica*, es, Page Version ID: 127477170, jul. de 2020. dirección: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Investigaci%C3%B3n\\_emp%C3%ADrica&oldid=127477170](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Investigaci%C3%B3n_emp%C3%ADrica&oldid=127477170) (visitado 20-04-2021).
- [2] *El Ciclo de Vida del Software — Proceso Básico en Metodologías*, es, oct. de 2016. dirección: <https://okhosting.com/blog/el-ciclo-de-vida-del-software/> (visitado 20-04-2021).