



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**

**título del TFG  
Documentación Técnica**



Presentado por Mario Sanz Pérez  
en Universidad de Burgos — 16 de abril  
de 2024

Tutor: Álvaro Arnaiz González



---

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>i</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>iii</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>iv</b>
<b>Apéndice A Plan de Proyecto Software</b>	<b>1</b>
A.1. Introducción . . . . .	1
A.2. Planificación temporal . . . . .	1
A.3. Estudio de viabilidad . . . . .	7
<b>Apéndice B Especificación de Requisitos</b>	<b>9</b>
B.1. Introducción . . . . .	9
B.2. Objetivos generales . . . . .	9
B.3. Catálogo de requisitos . . . . .	9
B.4. Especificación de requisitos . . . . .	9
<b>Apéndice C Especificación de diseño</b>	<b>11</b>
C.1. Introducción . . . . .	11
C.2. Diseño de datos . . . . .	11
C.3. Diseño procedimental . . . . .	11
C.4. Diseño arquitectónico . . . . .	11
<b>Apéndice D Documentación técnica de programación</b>	<b>13</b>
D.1. Introducción . . . . .	13
D.2. Estructura de directorios . . . . .	13
D.3. Manual del programador . . . . .	13

D.4. Compilación, instalación y ejecución del proyecto . . . . .	13
D.5. Pruebas del sistema . . . . .	13
<b>Apéndice E Documentación de usuario</b>	<b>15</b>
E.1. Introducción . . . . .	15
E.2. Requisitos de usuarios . . . . .	15
E.3. Instalación . . . . .	15
E.4. Manual del usuario . . . . .	15
<b>Apéndice F Anexo de sostenibilización curricular</b>	<b>17</b>
F.1. Introducción . . . . .	17
<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>

---

# Índice de figuras

---

A.1. Prototipo de visualizacion de algoritmo Co-Forest . . . . .	6
--	---

---

# Índice de tablas

---

B.1. CU-1 Nombre del caso de uso. . . . .	10
---	----

## *Apéndice A*

---

# **Plan de Proyecto Software**

---

### **A.1. Introducción**

Este apéndice tiene como propósito proporcionar una visión detallada del proceso de planificación y estudio de viabilidad que ha sido fundamental en el desarrollo del proyecto de software presentado. A través de una metodología estructurada, se han abordado las diferentes tareas a lo largo del tiempo, asegurando un seguimiento exhaustivo y adaptativo de cada fase del proyecto. Además, este documento explora en profundidad el estudio de viabilidad realizado, abarcando aspectos tanto legales como económicos. El análisis legal es crucial para asegurar que el proyecto cumpla con todas las normativas y legislaciones aplicables, minimizando así posibles riesgos legales. Por otro lado, el estudio económico proporciona una evaluación detallada de la viabilidad financiera del proyecto, incluyendo estimaciones de costos, análisis de retorno de inversión y proyecciones de rentabilidad a largo plazo.

### **A.2. Planificación temporal**

Como se explica en la sección 4 de la memoria, la metodología a seguir es Scrum, salvando las distancias con el número de personas que suele haber en un contexto habitual, ya que únicamente habrá un desarrollador. El proyecto se elige antes de empezar el curso, únicamente para poder informarse y leer artículos relacionados con el tema del aprendizaje semi supervisado. Al inicio con sprint más largos y a medida que se avanza en el desarrollo los sprints se reducen a una o dos semanas de duración, realizando una reunión al inicio de cada uno.

## Sprint 1

Este sprint corresponde a las fechas entre el 7 de noviembre y el 18 de diciembre. Se comienza con una reunión en la que se establecen las siguientes tareas:

- Crear un repositorio en GitHub [4] donde poder subir los cambios del proyecto, más concretamente, la plantilla de documentación inicial para ir familiarizándose con L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.
- También se manda terminar de leer el artículo [5] y se asigna una nueva lectura acerca de ensembles [3]. Esto es necesario ya que de entre los algoritmos a implementar, alguno de ellos será un ensemble. Concepto que se desconocía antes de iniciar la lectura.
- Encontrar un programa adecuado para el seguimiento del proyecto que soporte Scrum.

El repositorio se crea siguiendo la plantilla de documentación ya creada en 2016 y publicada en Github. Para poder empezar a familiarizarse con L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X es necesario instalar los programas necesarios en el equipo local. Se prueban TeXstudio y TeXworks como editores, y por gusto y comodidad se elige TeXstudio como editor de archivos. También se instala MiKTeX, que es una distribución de TeX/LaTeX para sistemas operativos Windows. Se continua con la lectura establecida, adquiriendo conceptos de ensembles, estos son, ¿Qué es el boosting?, ¿Qué es el bagging?, ¿Qué posibilidades hay de combinar varios modelos? entre otros. En cuanto al programa utilizado para el seguimiento de las tareas y sprints, se prueban varios como Zenhub (descartado por ser de pago), Jira y Taiga. El primero era la mejor opción dado su relación con Github, pero al ser de pago se descarta. Entre Jira y Taiga se elige la segunda por su accesibilidad, los numerosos problemas de Jira hacen que la plataforma de Taiga sea la elegida. Esta herramienta se explica en el apartado cuatro de la memoria, pero su sencillez y el hecho de poder comunicarse con GitHub hacen fácil su uso. Aun así, queda abierto a cambiar debido a que no es la herramienta que ofrece más posibilidades.

## Sprint 2

Sprint correspondiente a las fechas entre el 18 de noviembre y el 15 de enero. Se inicia con una reunión previa para establecer las tareas:



- Finalizar la lectura de [3].
- Comenzar la documentación con conceptos teóricos acerca del aprendizaje automático vistos hasta el momento.
- Aprender a usar el entorno de flask en python.

La lectura y documentacion se realiza durante el periodo de vacaciones, mientras que el aprendizaje de flask, se lleva a cabo con la ayuda de la asignatura cursada de Diseño y Mantenimiento del Software, en la que se realiza una web que se implementa con este *framework*.

Se encuentra una aplicación llamada Zappier, la cual permite construir triggers entre aplicaciones. En este caso sirve para que cada vez que se cree una *issue* en github, se cree como historia de usuario en el product backlog de Taiga, donde despues se gestionará independientemente. Esta aplicación está de nuevo explicada en el apartado 4 de la memoria.

## Sprint 3

Sprint correspondiente a las fechas entre el 15 de enero y el 1 de febrero. Se tiene una reunión previa para asignar las tareas de:

- Lectura del algoritmo Co-Forest [2] y su pseudocódigo.
- Búsqueda de trabajos relacionados para coger ideas propias para el proyecto.
- Continuar documentando los conceptos teóricos (ensembles, Co-Forest).

En este periodo se completa la lectura del artículo del algoritmo Co-Forest y del apartado del trabajo de Patricia y sus estudios relacionados con este algoritmo. El principal estudio que realiza consiste en resolver un error del pseudocódigo, donde un valor podía coger el valor 0 cuando se utiliza como divisor. Mediante tres propuestas, se inicializa este valor con diferentes operaciones y se muestran varias gráficas para poder evaluar la mejor opción.

Se realiza una búsqueda amplia de aplicaciones web para visualización de algoritmos, apuntando y explicando las más interesantes en el apartado 6 de la memoria. Se realiza la implementación de la técnica de Scrum en el apartado 4 de la memoria. Se deja para sprint posteriores la documentación del CoForest, ya que puede que los conceptos adquiridos no sean los correctos hasta que no se haga su implementación y se vean los resultados.

## Sprint 4

Sprint correspondiente a las fechas entre el 1 de febrero y el 14 de febrero. Las tareas asignadas para este sprint son:

- Primera implementación del algoritmo Co-forest, basado en [2].
- Evaluar esta primera implementación.
- Actualizar documentación, incluyendo este apartado.
- Continuar con la búsqueda de trabajos relacionados en la web.

Para la primera tarea, es importante comentar que se utiliza como referencia el pseudocódigo del artículo mencionado pero también la implementación de Patricia Hernando, [1]. Una vez se tiene la primera implementación del algoritmo, se compara con el algoritmo de Patricia, el cual se considera una solución muy buena como ensemble. El estudio realizado se explica mejor en el apartado de aspectos relevantes de la memoria, pero cabe mencionar que los primeros resultados no son muy fiables, lo que hace pensar que algo está mal implementado. Además de la búsqueda de páginas anteriores, se encuentra una muy buena opción: <https://ml-visualizer.herokuapp.com/>. Esta página tiene algo diferente, ya que permite configurar y ver el resultado del algoritmo en la misma ventana. Este será uno de los objetivos en la web.

## Sprint 5

Sprint que corresponde a las dos semanas siguientes, se asignan las tareas:

- Corregir fallos en la implementación del Co-forest.
- Comenzar a mirar el código correspondiente a la web del trabajo de David, el cual podría resultar interesante para el futuro.
- Evaluar correctamente el Co-forest.
- Continuar con la documentación.

Se muestra al tutor la página encontrada, se acuerda que puede ser una buena idea para la web, pero antes hay que familiarizarse con el entorno de la web y su código. Esto incluye decidir si las llamadas a la web, una vez ejecutas el algoritmo, se realizan de una en una, devolviendo un gráfico en cada iteración, o una sola llamada que calcule todo el algoritmo y que reciba

un diccionario con toda la información necesaria para su representación. Se resuelven dudas del algoritmo Coforest, como la necesidad del uso de *random state* para tener un estudio reproducible. El estudio sigue teniendo bastantes diferencias en comparación con el de Patricia, lo que hace pensar de nuevo que algo en el código no está bien programado.

## Sprint 6

Se inicia con una reunión el 7 de marzo, surge un cambio de planes, dejando las siguientes tareas por hacer:

- Continuar documentación (coforest, trabajos relacionados)
- El trabajo será una versión 2.0 del desarrollo de David.
- Esto implica tener que familiarizarse con el trabajo de David, su estructura, web, etc.
- Corregir estilo de programación. Estandarizar mediante la guía de estilo de python, PEP8 [?].
- Revisar coforest debido a que la comparación con el de Patricia no es del todo buena.

La decisión de continuar el trabajo de David se da ya que la idea original para esta implementación iba a ser prácticamente igual. Por ello, se aprovecha la base de este trabajo, sobretudo el de la web, ya que los algoritmos serán diferentes. La idea es seguir con un estilo propio en la configuración de la web, pero todo sobre la plantilla ya creada por David. En cuanto al código implementado hasta el momento, se considera que está bastante desordenado, sin documentar y sin seguir una guía de estilos. Por ello, se establece el idioma español para nombrar a todas las variables, se documentan todos los métodos de la manera correspondiente en python, y con la ayuda de librerías como *pylint* y *mypy* se sigue la guía de estilo PEP8. El error que se estaba cometiendo en cuanto a la implementación del Co-forest estaba en el cálculo del error, ya que uno de los parámetros (los índices de los datos de entrenamiento que se usan en cada árbol) se estaba repitiendo en cada ejecución, cuando cada árbol debería tener los suyos. Es decir, el error se estaba calculando de manera incorrecta. Una vez corregido esto, el algoritmo se considera eficiente.

## Sprint 7

Este sprint es aún más reducido debido a las condiciones dadas, correspondiente entre los días 14 y 20 de marzo. Se utiliza para avanzar en todas aquellas tareas retrasadas, asignando las tareas:

- Documentación de conceptos teóricos: tanto teoría de ensembles como el propio algoritmo Co-forest.
- Documentación de trabajos relacionados.
- Documentación de aspectos relevantes.
- Documentación de anexos.
- Prototipo de ventana pensada para la configuración del algoritmo.

Sin mucha más explicación, se avanza todo lo que se puede en la documentación y, una vez visto y entendido la mayor parte del proyecto web de David, se empieza el prototipo de una nueva ventana. Como ya se había pensado, no tiene porque ser igual al resto de ventanas ya implementadas, consiguiendo el siguiente resultado:

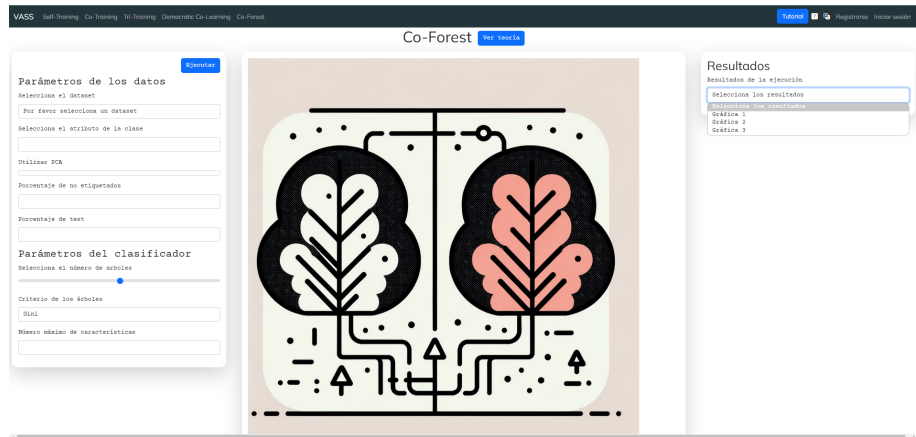


Figura A.1: Prototipo de visualización de algoritmo Co-Forest

## Sprint 8

Debido a que el calendario corresponde con la semana santa, este Sprint corresponde entre los días 20 de marzo y 4 de abril. Se asignan las siguientes tareas:

- Continuación de toda la documentación del Sprint anterior.
- Ver tutoriales de JavaScript y de BootStrap
- Introducir correctamente el coforest en la web
- Investigar la manera en la que se pasan los parametros de ejecución del algoritmo (JSON).

En cuanto a los tutoriales, se siguen los de la web <https://www.w3schools.com/> y también algún video de YouTube. HTML y css son dos lenguajes que se pueden ir aprendiendo sobre la marcha, pero javascript puede ser complicado de entender sin unos conceptos previos, y más cuando se trata de un proyecto complejo. Por esto se dedica gran parte del tiempo a aprender las bases del lenguaje. En cuanto a la web, se integra gran parte del Co-Forest, permitiendo realizar todos los pasos hasta la visualización, donde surge un error de servidor. Para conseguir la comunicación entre la ejecución del algoritmo y su visualización se realizará siguiendo la misma técnica que David, para ello primero hay que comprender todo lo que recoge del propio algoritmo. Se decide fijarse en el algoritmo Democratic Co-Learning por su gran parecido con el CoForest.

Además de todo esto, aparece un error en la parte de la gestión de usuarios, no permitiendo registrar ni logear usuarios. Esto se debe a algún problema con el método que se utiliza para la encriptación de las contraseñas, el cual se deja a resolver para el siguiente sprint.

## Sprint 9

De nuevo se vuelven con las reuniones semanales, estableciendo las siguientes tareas:

- Introducir la parte de visualización del co-forest en la web.
- Modificar el código del CoForest para tener el JSON.

Ambas tareas están relacionadas, ya que para poder ver una visualización final, es necesario almacenar todos los datos de la ejecución. La tarea de conseguir la visualización consiste más bien en corregir el error mencionado anteriormente. Ya que un error 400 no da muchas pistas de donde puede estar el error, se hace un seguimiento de todo el proceso. Esto conlleva ir mostrando por consola los diferentes valores y resultados. Finalmente se

localiza el error en la forma en la que se denominan los *div* en los formularios. Para el caso del Co-Forest, se usa lo que ya existía de los árboles de decisión. Esto hace que no haya necesidad de crear un *div* para seleccionador el clasificador. Sin embargo, para aprovechar el código de David, es necesario definir uno y darle el mismo nombre en los diferentes formularios para que funcione. El JSON se consigue basandose de nuevo en el Democratic Co-Learning. Puede que se guarden los mismos datos, pero la manera de recogerlos es distinta en cada algoritmo.

## Sprint 10

Del 11 de abril al 16 de abril, se establecen las siguientes tareas de cara al siguiente sprint:

- Actualizar documentación.
- Visualizar resultados del Co-Forest en la web
- Crear un gráfico de tarta como tooltip en los datos.

## A.3. Estudio de viabilidad

Viabilidad económica

Viabilidad legal

## *Apéndice B*

---

# **Especificación de Requisitos**

---

### **B.1. Introducción**

Una muestra de cómo podría ser una tabla de casos de uso:

### **B.2. Objetivos generales**

### **B.3. Catálogo de requisitos**

### **B.4. Especificación de requisitos**

CU-1	Ejemplo de caso de uso
<b>Versión</b>	1.0
<b>Autor</b>	Alumno
<b>Requisitos asociados</b>	RF-xx, RF-xx
<b>Descripción</b>	La descripción del CU
<b>Precondición</b>	Precondiciones (podría haber más de una)
<b>Acciones</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pasos del CU</li> <li>2. Pasos del CU (añadir tantos como sean necesarios)</li> </ol>
<b>Postcondición</b>	Postcondiciones (podría haber más de una)
<b>Excepciones</b>	Excepciones
<b>Importancia</b>	Alta o Media o Baja...

Tabla B.1: CU-1 Nombre del caso de uso.



## *Apéndice C*

---

# **Especificación de diseño**

---

- C.1. Introducción
- C.2. Diseño de datos
- C.3. Diseño procedimental
- C.4. Diseño arquitectónico



## *Apéndice D*

---

# **Documentación técnica de programación**

---

- D.1. Introducción
- D.2. Estructura de directorios
- D.3. Manual del programador
- D.4. Compilación, instalación y ejecución  
del proyecto
- D.5. Pruebas del sistema



## *Apéndice E*

---

# **Documentación de usuario**

---

- E.1. Introducción
- E.2. Requisitos de usuarios
- E.3. Instalación
- E.4. Manual del usuario



## *Apéndice F*

---

# **Anexo de sostenibilización curricular**

---

### **F.1. Introducción**

Este anexo incluirá una reflexión personal del alumnado sobre los aspectos de la sostenibilidad que se abordan en el trabajo. Se pueden incluir tantas subsecciones como sean necesarias con la intención de explicar las competencias de sostenibilidad adquiridas durante el alumnado y aplicadas al Trabajo de Fin de Grado.

Más información en el documento de la CRUE [https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/Directrices\\_Sostenibilidad\\_Crue2012.pdf](https://www.crue.org/wp-content/uploads/2020/02/Directrices_Sostenibilidad_Crue2012.pdf).

Este anexo tendrá una extensión comprendida entre 600 y 800 palabras.





---

## Bibliografía

---

- [1] Patricia Hernando Fernández. Aprendizaje semisupervisado y ciberseguridad: detección automática de ataques en sistemas de recomendación y phishing. *Universidad de Burgos*, 2023.
- [2] Ming Li and Zhi-Hua Zhou. Improve computer-aided diagnosis with machine learning techniques using undiagnosed samples. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 37(6):1088–1098, 2007.
- [3] R. Polikar. Ensemble based systems in decision making. *IEEE Circuits and systems magazine*, 6(3):21–45, 2006.
- [4] Mario Sanz Pérez. Tfg-semi-supervised-learning. <https://github.com/msp1015/TFG-Semi-Supervised-Learning>, 2023. Github.
- [5] Jesper E. van Engelen and Holger H. Hoos. A survey on semi supervised learning. *Machine Learning*, 109:373–400, 2020.