



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA**

GRADO EN INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

**MFT (MyFencingTrainer): Ayuda inteligente a la
decisión en el deporte de esgrima**

Gregorio Baldomero Patiño Esteo

Enero, 2020

**MFT (MyFENCINGTrainer): AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN
EL DEPORTE DE ESGRIMA**



**UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA
ESCUELA SUPERIOR DE INFORMÁTICA**

Tecnologías y Sistemas de Información

**GRADO EN INGENIERÍA EN INFORMÁTICA
COMPUTACIÓN**

**MFT (MyFencingTrainer): Ayuda inteligente a la
decisión en el deporte de esgrima**

Autor: Gregorio Baldomero Patiño Esteo

Tutor académico: Dr. José Ángel Olivas Varela

Enero, 2020

Gregorio Baldomero Patiño Esteo

Ciudad Real – Spain

E-mail: gregoriopatinoesteo@gmail.com

Teléfono: 685889852

© 2020 Gregorio Baldomero Patiño Esteo

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

Se permite la copia, distribución y/o modificación de este documento bajo los términos de la Licencia de Documentación Libre GNU, versión 1.3 o cualquier versión posterior publicada por la *Free Software Foundation*; sin secciones invariantes. Una copia de esta licencia esta incluida en el apéndice titulado «GNU Free Documentation License».

Muchos de los nombres usados por las compañías para diferenciar sus productos y servicios son reclamados como marcas registradas. Allí donde estos nombres aparezcan en este documento, y cuando el autor haya sido informado de esas marcas registradas, los nombres estarán escritos en mayúsculas o como nombres propios.

TRIBUNAL:

Presidente:

Vocal:

Secretario:

FECHA DE DEFENSA:

CALIFICACIÓN:

PRESIDENTE

VOCAL

SECRETARIO

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

Resumen

Llegar a dominar cualquier deporte es muy complicado y por lo general se necesita de alguien que te guíe. Esta persona hará que aprendas mas rápido ya que ahorrará todo el tiempo que le tomó adquirir el conocimiento, transmitiendo este mediante enseñanzas o ejercicios. Muchos deportes se basan en la toma de decisiones para después ejecutarlas y es la mezcla de ambas quien decide el ganador de un enfrentamiento. Esta decisión puede ser tomada por el deportista o entrenador si se dispone del mismo.

La entrada al mundo competitivo en un deporte suele ser compleja y más si son de enfrentamientos directos donde la táctica elegida por cada uno, adaptando esta a lo largo del mismo, determinará, entre otras cosas, quien será el ganador.

En este documento se narra el proceso llevado a cabo para desarrollar un prototipo funcional de un sistema de apoyo a la toma de decisión. En concreto para esgrima. La funcionalidad de este ha sido acotada al tiempo estimado de duración del proyecto pero se podrá, y deberá, seguir trabajando sobre este para completar su desarrollo.

Lo primero que se hizo fue un estudio de viabilidad para prever el éxito del proyecto. El desarrollo comenzó tomando como base un sistema experto basado en el conocimiento extraído mediante diferentes técnicas de Ingeniería del Conocimiento, como por ejemplo entrevistas. Acto seguido se quiso ir un paso mas lejos y se utilizaron técnicas de Inteligencia Artificial obteniendo los datos mediante técnicas de WebScrapping y se extrajo conocimiento de estos mediante un proceso KDD.

Todo lo anterior fue conectado mediante una interfaz de usuario vía web para poder tener acceso al sistema desde cualquier dispositivo con Internet. Además, se desarrolló una pequeña API para una parte del sistema de apoyo a la toma de decisión.

Abstract

Mastering any sport is very complicated and usually requires of someone to guide you. This person will make you learn faster because will save all the time it took to acquire the knowledge, transmitting this through teaching or exercise. Many sports are based on taking decisions and then execute them, and it is the mixture of both that decides the winner of a match. This decision can be made by the athlete or coach if you have one.

The entrance to the competitive world in a sport is usually complex and more if they are direct confrontations where the tactic chosen by each one, adapting this to the length of it, will determine, among other things, who will be the winner.

This document describes the process carried out to develop a functional prototype of a decision support system. Specifically for fencing. The functionality of this has been limited to the estimated time of the project, but further work can and should be done on it to complete its development.

The first thing that was done was a viability study to foresee the success of the project. The development started on the basis of an expert system based on knowledge extracted through different Knowledge Engineering techniques, such as interviews. Then we wanted to go one step further and used Artificial Intelligence techniques obtaining the data by means of WebScraping techniques and knowledge was extracted from these through a KDD process.

All of the above was connected via a web-based user interface to to be able to access the system from any device with Internet. In addition, a small API was developed for one part of the decision support system.

Agradecimientos

En primer lugar quiero agradecer a mi madre Amelia que apoyó todas mis decisiones y me acompañó durante el camino, dando ese empujón cuando mas lo necesitaba. También mencionar Alvaro, jefe de la empresa donde hice las prácticas de los ciclos formativos. Quien me sirvió de inspiración y me enseñó lo que eran las ganas por mejorar constantemente además de ser curioso como el que más, en parte gracias a eso me embarqué en este viaje.

Agradecer a mis amigos de Torrijos la paciencia que tuvieron durante este tiempo alejados de ellos, desapareciendo durante temporadas pero ellos siempre recibiendo mi llegada con la mejor de sus sonrisas. Aynara, Aitor, David, Patricia, Diego y por su puesto el trío gotish Aitor y Yube. Parte de este trabajo os pertenece.

También agradecer a la gente que conocí en Ciudad Real. Adrián, Fer, Sergio y Gonzalo os debo mucho y siempre os llevaré en el corazón. La carrera ha sido mucho mas amena a vuestro lado. José Ángel Martín no me olvido de ti, me llevo un amigo para toda la vida a pesar de odiarte los primeros días.

A mi club de esgrima, Espadas de Calatrava, habéis hecho que descubra una nueva pasión y estilo de vida. En especial Adrián gracias por escucharme y hacerme crecer como persona.

Por último agradecer a mi tutor José Ángel Olivas Varela. Gracias por permitirme llevar a cabo esta pequeña locura.

Gregorio Baldomero Patiño Esteo

A mi madre, la leona que siempre cuidó de su cachorro.

Índice general

Resumen	V
Abstract	VII
Agradecimientos	IX
Índice general	XIII
Índice de tablas	XVII
Índice de figuras	XIX
Índice de listados	XXI
Listado de acrónimos	XXIII
1. Introducción y objetivos	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Estructura del trabajo	3
2. Estado del arte	5
2.1. Esgrima	5
2.1.1. Modalidad de espada en esgrima	6
2.1.2. Estructura competición esgrima	7
2.2. DSS usando técnicas de aprendizaje automático en esgrima	9
2.2.1. Decision Support System	9
2.2.2. Sistemas basados en el conocimiento	10
2.2.3. Machine Learning	11
2.2.4. Base de datos y Web Scrapping	11
3. Estudio de viabilidad	13
3.1. Test de Slagel	13

3.1.1.	Características de Plausibilidad	15
3.1.2.	Características de justificación	16
3.1.3.	Características de adaptación	17
3.1.4.	Características de éxito	18
3.1.5.	Resultado	19
4.	Ayuda inteligente a la decisión en el deporte de esgrima	21
4.1.	Metodología	21
4.2.	Extreme Programming	22
4.2.1.	Valores	22
4.2.2.	Características	23
4.3.	Agile Inception Deck	24
4.4.	Kanban	25
4.5.	Desarrollo	27
4.6.	Agile Inception Deck	27
4.6.1.	¿Por qué estamos aquí?	27
4.6.2.	El <i>Elevator pitch</i>	28
4.6.3.	Diseñar una caja para el producto	28
4.6.4.	Lista de los no	28
4.6.5.	Conoce a tus vecinos	29
4.6.6.	Muestra la solución	29
4.6.7.	¿Qué nos quita el sueño por las noches?	30
4.6.8.	Tamaño del proyecto	30
4.6.9.	Muestra con claridad lo que se va a dar	30
4.6.10.	Muestra lo que va a conllevar	31
4.7.	Iteración 1: Obtención del conocimiento	32
4.7.1.	Adquisición conocimiento básico	32
4.7.2.	Adquisición conocimiento mediante entrevistas	32
4.8.	Iteración 2: Representar el conocimiento	36
4.9.	Iteración 3: Implementación del cliente	41
4.10.	Iteración 4: Prototipo funcional	44
4.11.	Iteración 5: Creación BBDD y extracción conocimiento	46
4.11.1.	Obtención BBDD	47
4.11.2.	Tratamiento BBDD	50
4.11.3.	Extraer conocimiento de los datos	52
4.11.4.	Usar conocimiento en aplicación	57

5. Evaluación y resultados	61
5.1. Opiniones de los expertos	61
5.2. Encuesta	62
5.2.1. Evaluación interfaz usuario	63
5.2.2. Evaluación SUS de la aplicación	64
5.3. Pruebas de campo	67
5.4. Actualización de la planificación del proyecto	68
6. Conclusiones	69
6.1. Competencias	69
6.2. Objetivos alcanzados	70
6.3. Trabajo futuro	72
6.3.1. Carencias	72
6.3.2. Sistema experto	73
6.3.3. API predicción	74
6.3.4. Aplicación web	74
6.3.5. General	75
Referencias	77
A. Entrevistas	81
A.1. Entrevista 1	81
A.2. Entrevista 2	85
B. Glosario sistema experto	91
C. Tabla objeto, atributo, valor	93
D. Reglas del sistema experto	95
E. Diagramas mapas conocimiento	105
F. Bocetos herramienta web	109
G. Algoritmo fuerza bruta obtención mejores variables KNN	113
H. Código servidor API	117

Índice de tablas

2.1. Ejemplo tabla resultados poule	8
3.1. Leyenda	15
3.2. Tabla con las características de plausibilidad	15
3.3. Tabla con las características de justificación	16
3.4. Tabla con las características de adaptación	17
3.6. Resultados de viabilidad	20
4.1. Horas del proyecto	31
4.2. Costes del proyecto	32
4.3. Tabla objeto atributo y valor	34
4.4. Tabla objeto atributo y valor ampliada	35
4.5. Reglas distancia	38
4.6. Sujetos prueba prototipo	40
4.7. Tabla comparativa precios hosting	45
4.8. Estructura BBDD Inicial	48
4.9. Ejemplo BBDD inicial	48
4.10. Estructura BBDD tiradores	49
4.11. Ejemplo BBDD tiradores	49
4.12. Estructura BBDD final	49
4.13. Estructura campo ganador	50
4.14. Tabla equivalencias mano	51
4.15. Tabla equivalencias arma	51
4.16. Estructura BBDD final	51
4.17. Parámetros petición predicción	58
4.18. Tabla objeto atributo y valor victoria	60
5.1. Costes actualizados del proyecto	68
6.1. Competencias adquiridas	70

0. ÍNDICE DE TABLAS

C.1. Tabla objeto atributo y valor 93

Índice de figuras

2.1. Blanco válido espada	6
2.2. Dimensiones espada	7
4.1. Flujo trabajo XP	22
4.2. Tablero kanban proyecto documentación	26
4.3. Iteraciones	27
4.4. Arquitectura	29
4.5. Línea temporal	31
4.6. Esquema toma decisión	37
4.7. Árbol decisión experiencia	38
4.8. Arbol decisión distancia con caminos numerados	38
4.9. Boceto página llenar	41
4.10. Boceto página guiado	42
4.11. Código QR repositorio web	42
4.12. Ejemplo informe cobertura código	44
4.13. Ejemplo pull request	46
4.14. Código QR repositorio api	47
4.15. Esquema para la decisión de un algoritmo de ML	52
4.16. Gráfica obtención K	53
4.17. Gráfica obtención leaf size	54
4.18. Gráfica obtención p	56
4.19. Mapa conocimiento arriesgar	60
5.1. Características encuestados	62
5.2. Percepción global de interfaz	64
5.3. Percepción menores de 21 años de interfaz	65
5.4. Percepción entre 21 y 30 años de interfaz	66
5.5. Percepción mayores de 30 años de interfaz	67
5.6. Características encuestados	68

0. ÍNDICE DE FIGURAS

E.1. Esquema toma decisión	105
E.2. Mapa de conocimiento experiencia	106
E.3. Mapa de conocimiento distancia	106
E.4. Mapa de conocimiento agresividad	106
E.5. Mapa de conocimiento acortar distancia	107
E.6. Mapa de conocimiento hierro y segunda intención	107
F.1. Boceto página inicio	109
F.2. Boceto página llenar	109
F.3. Boceto página guiado	110
F.4. Boceto página resultado	110
F.5. Boceto página contacto	110
F.6. Boceto página sugerencia	111
F.7. Boceto página entrenamiento	111

Índice de listados

code/altura.clp	39
code/requirements.txt	59
code/Procfile	59
anexos/esgrima.clp	95
anexos/knn.py	113
code/app.py	117

Listado de acrónimos

DSS	Decision Support System
KDD	Knowledge Discovery in Databases
SBC	Sistema Basado en Conocimientos
ML	Machine Learning
XP	eXtreme Programming
BBDD	Base de Datos
FIE	Federación Internacional de Esgrima
TFG	Trabajo Fin de Grado
SUS	Sistemas de Escalas de Usabilidad

Capítulo 1

Introducción y objetivos

Desde el inicio de los tiempos los humanos hemos competido los unos contra los otros, siendo este un beneficio para la sociedad. Esta competencia promueve a la mejora continua de aquél que quiere llegar a ser el mejor. Esto hace que evolucionen métodos para desarrollarse en todos los sentidos. En el mundo del deporte hay varios ejemplos sobre como se ha utilizado la tecnología para cambiar el resultado de un enfrentamiento. Hace 20 años en el fútbol no se utilizaba la tecnología en el descanso para analizar las jugadas del rival, las acciones que llevaron a cabo y aprovecharse de ellas. Actualmente hay varias cámaras grabando cada acción y movimiento para estudiarlos en el transcurso de la primera parte y así explicárselas a los jugadores en el descanso [Agr19]. De este modo consiguen una visión externa de qué está pasando en el partido y poder adaptarse a la situación, consiguiendo una ventaja táctica sobre el rival.

Este mismo método se transcribe a los entrenamientos, cuando los porteros estudian a los lanzadores de penaltis, para saber que movimientos corporales hacen en cada lanzamiento y hacia donde van sus disparos con cada uno de estos. De esta manera aquel portero que parece *adivino* lo que realmente hizo fue un estudio de sus rivales.

De igual modo, la tecnología se empezó a usar para recopilar datos y después analizar los mismos y así comprobar que métodos de entrenamiento resultaban mas efectivos en cada deportista. Pudiendo desarrollar después diferentes métodos para cada uno de ellos en diferentes momentos de la temporada, haciendo que estos estén al máximo nivel requerido en cada tramo de la misma.

La iniciación en un deporte es un gran debate entre los entrenadores. Casi todo el mundo coincide en que si empiezan en la escuela base (desde pequeños) se pueden asentar de una manera mas sencilla las bases y cimientos del mismo. Esto es debido a la gran capacidad de aprendizaje de los niños. También se debe a que al tener un mayor tiempo para poder aprender, es decir tienen toda su vida por delante, no es necesario enfrentarles a problemas complejos desde el inicio, ya que sus rivales tendrán la misma experiencia que ellos y no poseerán una ventaja, en cuanto a experiencia se refiere. Sin embargo, cuando el que se adentra en un deporte competitivo con la idea de enfrentarse a rivales y conseguir resultados en el menor tiempo posible al principio tendrá una barrera muy complicada. Dicha barrera

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

es la experiencia y tiempo practicado. Este tiempo le dará una ventaja táctica y unas tablas que será muy difícil de superar, ya que en la mayoría de disciplinas la técnica te hace vencer con creces al físico. Es por esto que aquellas personas que quieran enfrentarse desde el principio a sus rivales contarán con una gran desventaja y esta es el desconocimiento de muchas situaciones. Estas te hacen aprender de ellas, pudiendo ver que funciona y que no. Ya sea por ensayo de prueba y error o porque tengas alguien que te guíe en el camino y te haga ver que está pasando, ayudándote en todo lo posible, para que puedas entender dichas situaciones.

1.1 Objetivos

El principal objetivo de este TFG es contribuir al mundo del deporte, en concreto a la esgrima. En el comienzo de este deporte hay una gran curva de aprendizaje¹ en cuanto al esquema táctico² se refiere puesto que al ser un deporte minoritario los recursos que se le dedican son a proporción de su participación, por lo que dificulta la expansión de conocimiento y por ende, la adquisición de este mismo tanto a personas que ya lo practican como aquellas que acaban de empezar. Se quiere reducir la inclinación de dicha curva de aprendizaje en el momento que tienes que aprender por ti mismo y necesitas ayuda de los demás para saber que acciones son las correctas y porque están mal tomadas algunas de ellas, al menos, hasta que te puedes valer por ti mismo como tirador que es capaz de identificar las acciones que están ocurriendo y analizar cuales son las mejores decisiones para contrarrestarlas.

Para ello se pretende desarrollar una aplicación la cual sea capaz de llevar a cabo una toma de decisiones con una serie de entradas, las cuales serán aquellas relacionadas con el entorno de un asalto de esgrima, como son las características de los tiradores, como se está desarrollando el asalto, etc.

Esta aplicación será desarrollada llevando a cabo una labor de Ingeniería de Conocimiento junto con una extracción y análisis de datos para describir el problema, extraer el conocimiento de expertos, conceptualizar, formalizar e implementar dicho conocimiento de manera entendible para los usuarios de dicha aplicación. Dicha aplicación será un Sistema Basado en Conocimientos (SBC) el cual aglutine todo el conocimiento de los expertos en su conjunto, además del análisis de datos. Dicho sistema tendrá el objetivo darle una respuesta a un tirador de tal forma que este tenga un punto de vista más para tomar sus decisiones, de tal modo que le sea mas fácil alcanzar la victoria. Además de ayudarle a anteponerse a su rival, también servirá como entrenamiento y salir de dudas cuando se quiera mejorar y adquirir conocimiento.

Esto nos lleva a la conclusión de que para alcanzar el objetivo de este TFG tendremos que

¹Curva de aprendizaje: Esta curva determinará como avanzarás en el tiempo de aprendizaje. Cuanta mas inclinada sea quiere decir que es mas complicado. Lo ideal es una línea recta en 45° ya que este será continuo.

²Esquema táctico: Diferentes situaciones que se pueden dar y como resolverlas

diseñar un sistema de apoyo a la toma de decisión, con acceso mediante una aplicación web para darle accesibilidad al programa desde cualquier sitio.

El alcance de este proyecto está basado en los recursos disponibles para realizarlo, tanto personas como tiempo. Varios autores han escrito libros para plasmar su conocimiento sobre este deporte, ya sea como plantear la gestión de un club, como preparar a los tiradores para competiciones, como iniciarlos, etc. Este último caso es el de Elain Cheris hablando sobre los fundamentos básicos de la esgrima en las modalidades de florete y espada ya que ambas comparten las bases. Este libro Manual de esgrima[Che00] consta de 160 páginas en el que se habla sobre el primer año de aprendizaje de una persona que se inicia en el deporte. Para adquirir este conocimiento se requiere de muchas horas de trabajo y entrevistas con profesionales por lo que automáticamente descartamos la modalidad de sable, ya que hay poco conocimiento reutilizable.

Debido a los motivos expuestos anteriormente la modalidad de sable se dejará para un futuro a modo de ampliación. Respecto a la modalidad de florete es cierto que comparten las bases pero las técnicas específicas y el conocimiento es totalmente distinto, ya que las propias reglas difieren entre ambas modalidades en algunos aspectos, por lo que se podrían utilizar partes del desarrollo pero toda la adquisición de conocimiento, desarrollo del sistema experto habría que realizarlo partiendo de cero. Para ambas modalidades hay que sumar que conseguir expertos resulta de gran dificultad actualmente, cosa que en un futuro lejano, tres años, espero solventar. Todo esto ha llevado a los objetivos expuestos anteriormente.

1.2 Estructura del trabajo

En este apartado se pretende dar al lector una idea general del contenido del presente documento, donde se explicará de forma breve cada uno de los capítulos del mismo, de modo que su accesibilidad a información de su interés sea lo más sencilla posible.

Capítulo 1: Introducción y objetivos

En este capítulo se establece una visión global del proyecto. También se marcará que queremos realizar dentro del proyecto y que no.

Capítulo 2: Estado del arte

Aquí se realiza un estudio bibliográfico de los temas a tratar en el proyecto.

Capítulo 3: Estudio de viabilidad

Estudio exhaustivo de la viabilidad del proyecto.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Capítulo 4: Ayuda inteligente a la decisión en el deporte de esgrima

Capítulo en el que se trata como será el proceso de desarrollo del proyecto, visto desde un punto de vista metodológico. También se hablará del desarrollo llevado a cabo en el proyecto. Incluyendo los problemas que surgieron por el camino y como se resolvieron.

Capítulo 5: Evaluación y resultados

Capítulo en el que se evaluará el desarrollo del proyecto mediante diferentes técnicas.

Capítulo 6: Conclusiones

Último capítulo en el que se recapacitará sobre el proyecto, todo el proceso llevado a cabo con los resultados obtenidos ya en mano. También se tratará el trabajo futuro que le queda.

Capítulo 2

Estado del arte

En este capítulo se hablará sobre la situación actual del proyecto. Que se ha llevado a cabo hasta ahora, la situación del mercado.

2.1 Esgrima

La esgrima es un deporte de estrategia en el cual tendrás que analizar a tu oponente a la vez que te defiendes de sus acometidas. Al mismo tiempo, tendrás que disfrazar tus ataques con otros para que el oponente no sea capaz de analizar tus movimientos. Es por esto por lo que la mayoría de practicantes lo denominan el ajedrez en movimiento puesto que todo son ataques, por un franco u otro, pequeñas batallas que te llevarán a ganar la guerra al final. Jugar con la mente del rival y calmar la tuya para tener superioridad táctica.

Por supuesto que el físico influye en este deporte, no deja de ser un deporte de contacto en el cual las cualidades físicas (fuerza, agilidad, rapidez, coordinación, reflejos, etc) son un factor más a tener en cuenta, pero esto no serán mas que componentes de una ecuación la cual nos dará la victoria.

Ahora pasaremos a explicar por encima en que consiste un asalto de esgrima. Esto fue obtenido de la normativa[Esg19]. Un asalto de esgrima es un enfrentamiento entre dos oponentes los cuales tienen que llegar al límite de tocados antes que el rival o haber obtenido mayor puntuación una vez haya terminado el tiempo de asalto. Dependiendo de la modalidad y categoría variaran estos tiempos y límite de tocados. ¿Pero que es un tocado? Un tocado no es mas que un punto a tu favor, el cual se puede conseguir tocando al rival o mediante sanciones del rival. Un ejemplo de sanciones podría ser un comportamiento antideportivo, salirse de la pista por el fondo, dar varias veces la espalda, perder el tiempo repetidas veces mientras vas perdiendo, etc.

Como la mayoría de deportes de contacto no es más que un esquema táctico en el cuál tendremos unas variables de entrada mediante las cuales determinaremos una salida. ¿Pero como es posible que un deporte de contacto se base en una serie de entradas y salidas? Bien, un ejemplo muy básico es el siguiente: ante una acción ofensiva directa hacia la parte superior del cuerpo lo lógico es cubrirse esta parte. Aquí es donde entra en juego la estrategia de cada combatiente. Si el atacante sabe que tu reacción ante una amenaza arriba será cubrirte esa

zona, el amagará con un ataque falso (finta) a una parte del cuerpo y sobre tu acción defensiva para evitar esta acometida aprovechará para atacar otra zona que dejaste descubierta por defender la primera acción. Por otro lado, el defensor puede analizar al rival y saber que el primer ataque no será el verdadero, si no que será una preparación para atacar sobre otra zona, de este modo anticiparse y atacar sobre esta preparación o amagar con defenderse sobre la primera zona para después cubrirse la segunda y contra-atacar.

2.1.1 Modalidad de espada en esgrima

Una vez tenemos unas nociones básicas sobre como funciona un esquema táctico, en general, sobre cualquier disciplina de arte marcial o deporte de contacto, pasemos a hablar de la esgrima en concreto. Hay tres disciplinas dentro de este deporte: sable, florete y espada. Siendo la primera una modalidad en la que se puede tocar con cualquier parte de la hoja, mientras que en las dos últimas son armas de estoque, es decir, solo vale tocar con la punta. Puesto que cada modalidad tiene unas normas y la espada es la mas practicada y mas sencilla de todas, nos centraremos en ella. En la modalidad de espada se puede tocar en cualquier parte del cuerpo. Con la única excepción de la nuca, puesto que es la única zona en la que no hay protección, para ello hay normas evitando que des la espalda y expongas esta zona tan delicada.

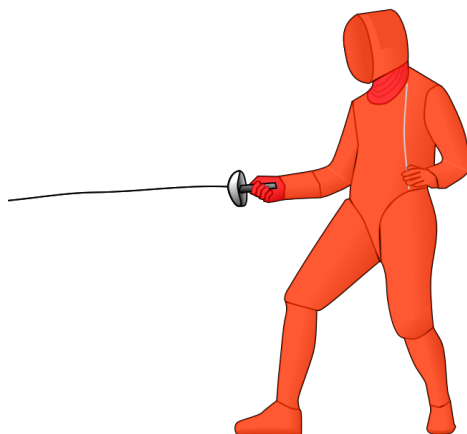


Figura 2.1: Blanco válido espada

Como hemos mencionado antes es un arma de estoque, por lo que el mecanismo de activación estará en la punta y será mediante un botón, el cuál al presionarse sobre un blanco válido (cualquier objeto que no esté aislado en el circuito) cerrará un circuito eléctrico cuyo objetivo es señalar el tocado. A partir de este momento el rival tiene un breve periodo de tiempo, 0.4 segundos, para realizar un tocado sobre el rival y que haya un tocado doble. Pasado este tiempo el circuito se bloqueará y solo será efectivo el primer tocado. A pesar de que haya un tocado doble no quiere decir que siempre sean válidos ambos tocados. Mediante las normas se dictaminará si los dos, solo uno o ninguno de ellos lo es. Un ejemplo podría ser que uno de los dos tiradores se encuentre fuera de la pista, lo cual anularía su tocado. Como

se han podido dar cuenta, hemos hablado de tiempo, por lo que otro componente a tener en cuenta es ser mas rápido que el rival, esto habrá que tenerlo en cuenta en nuestro esquema táctico para poder decidir una acción en la cual, aunque nos toquen, nosotros lo hagamos con suficiente antelación al rival de modo que su tocado no sea válido.

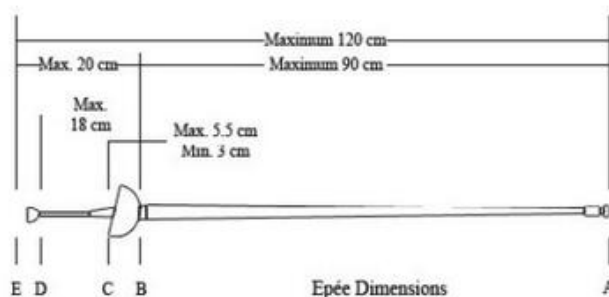


Figura 2.2: Dimensiones espada

Tal y como se habló antes, los asaltos tienen un límite de tiempo y un límite de tocados, este será otro factor a tener en cuenta en nuestro esquema táctico sobre como plantear el asalto. Puede que a veces nos interese llevar un asalto hasta el final del tiempo desgastando físicamente al rival para aprovechar esta superioridad al final. Otras veces quizás nos interese lo contrario, acabar con el asalto cuanto antes para evitar dejar al contrario pensar. Puede que otras veces nos interese alargar el asalto al mayor número de tocados posibles puesto que tengamos mayor repertorio que nuestro oponente, mientras que en el caso contrario, si tenemos pocas acciones nos interesará hacer el menor número de tocados. También habrá que tener en cuenta el marcador y cuanta ventana hay hasta el final del combate, si al rival le falta un tocado para ganar, mientras que a nosotros nos faltan tres, no nos interesa que haya un tocado doble puesto que el ganaría. Estas son algunas de las variables que entran dentro de la formula para plantear nuestra táctica en un asalto de esgrima.

2.1.2 Estructura competición esgrima

Una vez que ya sabemos como funciona un asalto de esgrima podemos hablar sobre como funciona una competición de esgrima. Esto se puede encontrar con mas detalle en la normativa[Esg18]. A continuación se explicará el funcionamiento de una competición estándar, el cual puede variar en función de la categoría y tipo de competición, puesto que existen varios formatos, como por ejemplo equipos, veteranos, competiciones amistosas, etc. En cuanto a las competiciones individuales primero se disputa una fase de grupos, también conocida como *poule*, en la cual se dividen a todos los tiradores en poules (grupos) de seis o siete tiradores en función del número de participantes que haya. Siendo siete el número ideal y dejando las de seis en caso de que no haya número suficiente de tiradores. Estas poules

2. ESTADO DEL ARTE

se hacen en función del ranking de los tiradores inscritos a la competición, de manera que estén lo mas equilibradas posibles. A destacar que hay un sistema para realizarlas y no es a intuición del directorio. Una vez organizadas las poules se da comienzo a ellas. En ellas se enfrentan todos los tiradores entre ellos, empezando los que sean del mismo país y/o club, para evitar favoritismos mas adelante. Estos enfrentamientos serán en un único asalto con un límite de cinco tocados y una duración máxima de tres minutos. El primero que llegue al límite con diferencia de un tocado o quien tenga mayor puntuación al acabar el tiempo será el ganador de este encuentro. El orden de enfrentamiento entre tiradores también está pre-establecido según la posición dentro de la poule. En la tabla 2.1 se podrá encontrar un ejemplo de hoja de poule.

Tabla 2.1: Ejemplo tabla resultados poule

	Tirador 1	Tirador 2	Tirador 3	Tirador 4	Tirador 5	Tirador 6	Tirador 7
Tirador 1	x	V					
Tirador 2	1	x					
Tirador 3			x				
Tirador 4				x			2
Tirador 5					x		
Tirador 6						x	
Tirador 7				V_3			x

La anterior tabla sería un ejemplo de una poule en mitad de una competición. Se puede apreciar como se anotan las victorias, las derrotas y los resultados de ambas. En caso de obtener una victoria sin llegar al límite de puntos se anotará la puntuación. Una vez terminadas todas las poules se obtendrá la clasificación general, obteniéndose de la siguiente manera:

1. Número victorias
2. Porcentaje Victorias/Derrotas
3. Tocados dados - Tocados recibidos
4. Tocados dados

En caso de empate de todo lo anterior ambos mantendrán el mismo número de serie y se saltará el siguiente. El orden de quien estará encima de otro será aleatorio. Una vez obtenida la clasificación general de las poules, se hace un corte para eliminar a un porcentaje de los participantes, suele ser un veinte por ciento. Con los tiradores restantes de este corte se hace un tablón lo suficientemente grande para acoger a todos los participantes. El número de este tablón será una potencia de dos, es decir 2, 4, 8, 16, 32, 64, etc. En caso de no haber participantes suficientes para completar el tablón los primeros participantes pasarán exentos de la primera ronda. El resto de la competición es una eliminatoria directa en la que el vencedor pasa a la siguiente ronda mientras que el perdedor termina la competición.

Debido a que cada punto cuenta desde el inicio, ya que esto determinará como de fácil será el camino en la competición, todas y cada una de las decisiones que tomemos deberán ser lo mas óptimas posibles. Para ello muchas veces contamos con nuestra experiencia, entrenadores o incluso compañeros que nos ayudarán a tomar una decisión dándonos su opinión. Pero como no siempre será este el caso, se quiere desarrollar una herramienta la cual nos facilite la toma de decisiones en mitad de la competición. Para ello usaremos un sistema de apoyo a la decisión, a partir de ahora lo denominaremos como Decision Support System (DSS).

2.2 DSS usando técnicas de aprendizaje automático en esgrima

2.2.1 Decision Support System

Para cualquier persona, en cualquier ámbito siempre se ha querido tomar una buena decisión y no siempre se ha podido. En la mayoría de los casos por no tener los conocimientos suficientes. Pero ¿qué es la mejor, una buena y una mala decisión? Esto es algo que, dependiendo del contexto, podría ser tanto subjetivo como objetivo. Por ejemplo, si nuestro objetivo es conseguir correr una maratón, no entrenar para ello posiblemente sea una mala decisión. Sin embargo, si hemos decidido seguir un plan de entrenamiento, el cual nos preparará para terminar nuestro objetivo habremos tomado una buena decisión. Pero esto sigue sin habernos contestado la pregunta de cuál será la mejor decisión. Bien, en este caso tendremos que entrar mas en detalle para saber cual es nuestro objetivo específico, en el caso de que solo sea terminarla, la mejor decisión será seguir aquel plan de entrenamiento que con el menor esfuerzo nos permita terminarla. Sin embargo, si nuestro objetivo es el de conseguir una buena marca, esta no habrá sido la mejor decisión puesto que tendremos que seguir un plan el cual nos permita ir mas rápido, aunque el esfuerzo sea mayor.

Una vez aclarada que es una mala, buena y la mejor decisión podremos hablar sobre lo que es un sistema de apoyo a la toma de decisiones. Estos son sistemas desarrollados para dar una decisión, en su mayoría aplicaciones informáticas, los cuales siguen el proceso de una toma de decisiones. Estos utilizan los datos y modelos para generar las alternativas posibles y acabar tomando la mejor decisión. Detrás de estos sistemas suele haber un sistema experto, el cual es un conjunto de reglas obtenidas a través de conocimiento extraído previamente. Dicho conocimiento se puede apoyar de otros sistemas como arboles de decisión o redes bayesianas para obtenerlo.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente fue en el DSS basado en redes bayesianas con una aplicación a la lucha contra las infecciones nosocomiales [HL12]. En este caso lo que se pretendía era reducir el número de pacientes infectados. Desarrollaron un sistema para ayudar a los médicos a prevenir dichas infecciones. Dicho sistema fue desarrollado mediante un proceso Knowledge Discovery in Databases (KDD) el cual se nutre de una base de datos cedida por un hospital. Dicho proceso consistía en analizar los datos e intentar obte-

ner conocimiento de ellos. Para ello habría que seguir una serie de pasos como la limpieza, pre-procesamiento de datos, detección de patrones y ahí es cuando se podría obtener conocimiento. Dicho sistema ayudaría a reducir costes en los hospitales además de reducir el número de casos de infección.

2.2.2 Sistemas basados en el conocimiento

Parte de un DSS pueden ser los sistemas basados en conocimientos, los cuales parten de un conocimiento extraído de un experto y es transportado a una aplicación informática la cual será lo mas fiel a reproducir la decisión de dicho experto. Para ello se siguen una serie de procesos para poder transformar dicho conocimiento hacia la aplicación. Esta suele contar con una interfaz de usuario para que sea lo mas cómoda posible. El proceso no es trivial puesto que se necesita mínimo de un ingeniero de conocimiento y de un experto en la materia. Además ambos deben estar predispuestos a llevar a cabo el proyecto, puesto que es de vital importancia que se colabore en la mayor medida posible. Para ello se deberá extraer el conocimiento del experto mediante diversos métodos como puede ser un sistema de entrevistas, en las cuales el ingeniero le plantea una serie de problemas y/o dudas al experto y este deberá responderle. Una vez finalizada el ingeniero analizará el resultado de la entrevista, pasando a reglas dicho conocimiento o elaborando una nueva entrevista en caso de que fuera necesario.

Un ejemplo de lo mencionado anteriormente sería el sistema desarrollado en la universidad de Split [NR06]. Aquí desarrollaron un sistema experto el cual era capaz de detectar talento en jóvenes que practicaban diferentes deportes con sus modalidades. En este caso iban un paso mas allá puesto que no solo jugaban con el conocimiento extraído del experto, si no que generaban una serie de pesos para sus reglas en conjunto de una solución ya hecha en los deportes. Esto llevó a lograr una aplicación en tiempo real mediante una página web en la cual cualquiera podría realizar consultas acerca de si una persona podría ser talentosa. A pesar de todos los esfuerzos en el propio artículo mencionan que no hay una respuesta definitiva y completa a la pregunta.

Por tanto nos encontramos ante la siguiente pregunta ¿Cómo nos podríamos aprovechar de los sistemas basados en conocimiento, sistemas de apoyo a la decisión y todo lo mencionado anteriormente en un campeonato de esgrima? Bien pues la respuesta es desarrollar un DSS, ayudado de un SBC. Esto nos permitirá tener una visión mas en el campo de batalla, donde nuestras capacidades para tomar decisiones están limitadas, ya sea por cansancio físico, presión del momento, etc. Esto no sustituirá a un entrenador, puesto que hay cosas subjetivas y que requieren de un mayor contexto que se le pueda dar al sistema, además de la *intuición* que se tiene en esos momentos pero si nos servirá para tener una visión más de lo que se puede hacer, que en la mayoría de los casos nos hará falta. A pesar de todo esto recordamos que no tomará la decisión por nosotros, sino que nos aconsejará y será el usuario final el que

deba tomar la decisión.

2.2.3 Machine Learning

Machine Learning (ML) es una disciplina científica, que se encuentra dentro de la Inteligencia Artificial, en la cual se crean sistemas que aprenden automáticamente. Entendemos por aprender como la detección de patrones complejos en gran cantidad de datos. En este caso, quien aprenderá será un algoritmo que revisará los datos y será capaz de predecir comportamientos en un futuro.

Dentro del ML tenemos dos tipos de aprendizajes:

- **Aprendizaje supervisado:** En este tipo tendremos una serie de datos de entrenamiento los cuales habrán sido etiquetados previamente. Con este tipo de aprendizaje tendremos clasificadores automáticos sin tener que programarlos. Podremos elegir la forma que tendrán.
- **Aprendizaje no supervisado:** Este tipo de aprendizaje es el recurrido cuando los datos que tenemos no están etiquetados para el entrenamiento. Es por esta razón por la que se procura encontrar algún patrón que simplifique el análisis.

Usaremos diferentes técnicas de ML para obtener conocimiento de una base de datos, de este modo podremos reforzar nuestro SBC, haciendo de este un sistema mucho mas completo.

2.2.4 Base de datos y Web Scrapping

Ante la inexistencia de una base de datos con datos relevantes para el propósito de este proyecto se decide generar una propia como ya se hizo previamente en el experimento mencionado anteriormente del DSS para los entrenamientos. En su caso los datos fueron generados mediante varios sensores y datos de entrenamientos apuntados por ellos mismos. En nuestro caso generaremos nuestra propia base de datos mediante la obtención de estos mismos a través de Internet. Para ello consultaremos las pertinentes páginas y se usará un proceso de automatización de recogida de datos como es Web Scrapping.

Web Scrapping es un proceso de automatización para la recolección de datos de la web. Las páginas más accesibles para ser scrapeadas serán aquellas cuyo lenguaje se ejecute en el cliente como es el caso de HTML o XML, es decir, aquellos en el que se descargue el código fuente y lo interprete el navegador. Para ello primero se descarga el código fuente de la página que queremos obtener los datos para después navegar por ella y conseguir la información que sea necesaria. Además, podremos seguir navegando, visitando otros enlaces de la propia página e interactuar con ella como si fuera un humano quien la visitara. Un ejemplo se puede ver en la aplicación que hicieron para un sistema que te ayuda a encontrar trabajo en el cual utilizaban redes bayesianas y scrapeaban los datos que necesitaban para generar la base de datos de la cual pudieron crear las redes bayesianas y después entrenarlas [ZW09].

Capítulo 3

Estudio de viabilidad

Este capítulo está dedicado a analizar como de viable es el proyecto. De este modo se justificará la realización y continuación del mismo. Debido a que se cuenta con un experto y para realizar el SBC, se llevará a cabo el estudio de viabilidad mediante el Test de Slagel.

3.1 Test de Slagel

El estudio de viabilidad se hará mediante el test de Slagel. Este test está pensado para sistemas expertos. La evaluación se utilizará una serie de valores para las características los cuales estarán ponderados de una manera específica en función de las mismas. Dicho estudio de viabilidad se divide en tres etapas:

- Definición de características
- Asignación de pesos a cada una de las características
- Evaluación de cada aplicación candidata.

Las características están divididas en cuatro dimensiones:

1. **Plausibilidad:** En esta dimensión se intentará determinar si se cuenta con los medios necesarios desde la perspectiva de Ingeniería del Conocimiento. Para ello se analizan dos aspectos:
 - **Características del experto:** se evaluará su fama dentro del sector. Esto quiere decir si los demás profesionales del entorno reconocen su trabajo. También se valorará la capacidad de cooperar. Asimismo, otro aspecto a tener en cuenta será si es competente articulando sus métodos y procedimientos de trabajo. Otra cuestión de suma importancia será que el experto se haya enfrentado al problema con anterioridad y que este lo haya resuelto con éxito.
 - **Características de la tarea que lleva a cabo el experto** se analizará el grado de dificultad que tiene esta. Además se valorará si está adecuadamente estructurada y que tipo de habilidades se requieren para su realización.
2. **Justificación:** Se puede dar el caso de que el desarrollo de un Sistema Experto sea posible, pero esto no quiere decir que esté justificado. En esta dimensión se tratará de

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD

comprobar la justificación del desarrollo de dicho sistema desde la perspectiva de la Ingeniería del Conocimiento. Para ello se analizará lo siguiente:

- **Necesidad de la experiencia:** se evaluará las características del ambiente donde hay que realizar la tarea. Los principales factores a tener en cuenta será el peligro que hay en el entorno (terreno hostil), además de la escasez de expertos humanos y la necesidad de su presencia en diferentes sitios a la vez.
 - **Inversión a realizar:** se tendrá en cuenta los costes que conllevará realizar el Sistema Experto frente al retorno de la inversión realizada. También se tendrán en cuenta soluciones alternativas.
 - **Transferencia de conocimiento:** un buen motivo para justificar la realización del sistema experto sería la posible pérdida de conocimiento. En casos como avanzada edad del experto hará que todo el conocimiento adquirido por el mismo pueda perderse.
3. **Adecuación:** se estudiará si el problema es adecuado para ser resuelto con técnicas de Ingeniería del Conocimiento. Algunos problemas podrán ser resueltos mediante algoritmos convencionales o aquellos que requieran de sentido común. Se tendrá en cuenta la naturaleza, complejidad y tipo de tarea.
4. **Éxito:** se intentarán determinar las posibilidades de éxito del sistema a desarrollar. Para ello se tendrán en cuenta como de entrenadas estén las personas implicadas, que el Sistema Experto tenga una ubicación idónea, que este sea aceptado por los usuarios como una herramienta de mejora y que este en concordancia con sus soluciones junto a la de los expertos.

Se establecerá una categoría de aplicación sobre cada una de estas dimensiones, mediante las cuales se identificará quien es el destinatario de la tarea. Pueden distinguirse tres actores: experto, usuario o directivo, o la propia tarea. Dentro de cada tarea tendremos dos tipos: esenciales o deseables. Las primeras no podrán tener una puntuación mínima de 7 puesto que como su nombre indica, son esenciales. El sistema de puntuación será entre 0 y 10 dependiendo de la importancia relativa de la misma.

Teniendo en cuenta lo explicado anteriormente, el proceso de evaluación del proyecto es el siguiente:

1. Asignar un valor a cada una de las características en cada dimensión. Dicho valor estará entre 0 y 10, cuya escala representará como de presente está respectivamente, siendo 10 totalmente presente. En el caso de que una característica esencial obtenga un valor menor de 7 la aplicación quedará automáticamente descartada.
2. Ponderar el valor de la características respecto a su peso.
3. Multiplicar para cada dimensión los valores ponderados obtenidos anteriormente.

Tabla 3.1: Leyenda

Acrónimo	Significado	Rango
CAT	Categoría	
EX	Experto(s)	
TA	Tarea	
IDEN. CAR.	Identificador de la característica	
Pi	Identificador de la dimensión de Plausibilidad	P1...P10
Ji	Identificador de la dimensión de Justificación	J1...J7
Ai	Identificador de la dimensión de Adecuación	A1...A12
Ei	Identificador de la dimensión de Éxito	E1...E17
E	Esencial	0...10
D	Deseable	0...10

- Obtener la media para cada dimensión de los valores ponderados de las características. Para ello se calculará la raíz n -ésima del producto obtenido del apartado anterior. Hay que emplear como índice el valor máximo de los índices usados en cada dimensión.
- Dividir la suma del resultado de cada dimensión entre cuatro (4) pudiendo obtener como máximo un valor de 76,21.

A continuación se detalla el cálculo de la viabilidad del TFG haciendo uso del Test de Slagel. Para mayor comprensión consultar la leyenda de la tabla 3.1.

3.1.1 Características de Plausibilidad

Tabla 3.2: Tabla con las características de plausibilidad

Cat.	Iden	Peso	Valor	Denominación	Tipo
EX	P1	10	10	Existen Expertos	E
EX	P2	10	9	El experto asignado es genuino	E
EX	P3	8	9	El experto es cooperativo	D
EX	P4	7	8	El experto es capaz de articular sus métodos pero no categoriza	D
TA	P5	10	9	Existen suficientes casos de prueba; normales, típicos, ejemplares, correosos, etc	E
TA	P6	10	9	La tarea está bien estructurada y se entiende	D
TA	P7	10	9	Solo requiere habilidad cognoscitiva (no pericia física)	D
TA	P8	9	8	No se precisan resultados óptimos sino sólo satisfactorios, sin comprometer el proyecto	D
TA	P9	9	7	La tarea no requiere sentido común	D
DU	P10	7	9	Los directivos están verdaderamente comprometidos con el proyecto	D

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Fundamentos de plausibilidad

A continuación se fundamentan algunos de los valores elegidos para las características de Plausibilidad

- P1:** Actualmente se dispone de expertos en el sector. Toda sala de esgrima tiene un maestro el cual es un experto, con mayor o menor experiencia, el cual transmite sus conocimientos adquiridos con los años y los sucesos que vivió a sus alumnos. Por lo tanto podríamos decir que hay al menos un experto por sala de esgrima.
- P3:** El experto escogido tiene especial interés en el proyecto, puesto que serviría de gran ayuda para sus alumnos en competencias dado que actualmente es el único en poder dar apoyo a estos en esas situaciones.
- P7:** Unicamente se requiere el conocimiento suficiente y experiencia en competición para poder identificar las acciones del rival para poder decidir que acciones llevar a cabo de manera que se contrarresten las del rival.
- P9:** Al ser una serie de casos con unas entradas y salidas bien definidas, no requiere de un gran ingenio poder llevar a cabo la decisión, una vez tengamos todos los casos, o el mayor número de estos posibles, identificados.

3.1.2 Características de justificación

Tabla 3.3: Tabla con las características de justificación

Cat.	Iden	Peso	Valor	Denominación	Tipo
EX	J1	10	9	El experto no esta disponible	E
EX	J2	10	8	Hay escasez de experiencia humana	D
TA	J3	8	9	Existe la necesidad de experiencia simultánea en muchos lugares	D
TA	J4	10	7	Necesidad de experiencia en entornos hostiles, penosos y/o poco gratificantes	D
TA	J5	8	9	No existen soluciones alternativas admisibles	E
DU	J6	10	9	Se espera una alta tasa de recuperación de la inversión	D
DU	J7	10	9	Resuelve una tarea útil y necesaria	E

Fundamentos de justificación

A continuación se fundamentan algunos de los valores elegidos para las características de justificación

- J1:** En competencias, sobre todo regionales y clubes pequeños, el experto no suele estar disponible puesto que en la mayoría de las ocasiones tiene otras labores como director técnico o incluso ser él mismo un participante mas de la competición. En el mejor de los casos de que no tenga ninguna de estas labores lo normal será que tenga a varios alumnos que atender a la vez, por lo que será una situación común que no esté libre.

J3: Se puede dar el caso de que dos alumnos de un mismo maestro tengan un asalto en el mismo instante. Este no podrá estar en ambos sitios a la vez y tampoco es aconsejable estar poco tiempo en uno, después ir al otro y así sucesivamente, por lo que se ve la necesidad de este conocimiento en el mismo instante en distintos lugares.

J7: Al resolver la tarea de las incertidumbres sobre que hacer en cada una de las situaciones será mas accesible el deporte para aquellos que estén empezando, puesto que no generará esos sentimientos de frustración por no saber que hacer.

3.1.3 Características de adaptación

Tabla 3.4: Tabla con las características de adaptación

Cat.	Iden	Peso	Valor	Denominación	Tipo
EX	A1	5	8	La experiencia del experto está poco organizada	D
TA	A2	6	9	Tiene valor práctico	D
TA	A3	7	9	Es una tarea más táctica que estratégica	D
TA	A4	7	10	La tarea da soluciones que sirvan de necesidades a largo plazo	E
TA	A5	5	8	La tarea no es demasiado fácil, pero es de conocimiento intensivo, tanto propio del dominio, como de manipulación de la información	D
TA	A6	6	9	Es de tamaño manejable, y/o es posible un enfoque gradual y/o, una descomposición en sub-tareas independientes	D
EX	A7	7	9	La transferencia de experiencia entre humanos es factible (experto a aprendiz)	E
TA	A8	6	6	Estaba identificada como un problema en el área y los efectos de la introducción de un SE pueden planificarse	D
TA	A9	9	8	No requiere respuestas en tiempo real “Inmediato”	E
TA	A10	9	8	La tarea no requiere investigación básica	E
TA	A11	5	8	El experto usa básicamente razonamiento simbólico que implica factores subjetivos	D
TA	A12	5	8	Es esencialmente de tipo heurístico	D

Fundamentos de adaptación

A continuación se fundamentan algunos de los valores elegidos para las características de adaptación

A1: Actualmente el experto no tiene ningún sistema en el que se pueda consultar su experiencia, no hay nada documentado por lo tanto no hay organización alguna.

A4: En este caso el sistema no solo sirve para ayudar en el instante que se consulta, si no que también sirve para transmitir dicho conocimiento al deportista, logrando así una

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD

mayor comunidad con conocimiento básico sobre el deporte. De este modo con el paso del tiempo será mas fácil que el conocimiento se pueda expandir.

- A6:** Puesto que los ataques pueden ser compuestos, se podrán hacer enfoques graduales en los que se lleven a cabo pensamientos y acciones con mayor profundidad, pudiendo dar estos lugar a acciones mas complejas. De igual manera se podrá hacer de una manera mas sencilla en función de las cualidades del tirador.
- A7:** Es algo tan factible como que se lleva haciendo durante mucho tiempo, puesto que son los maestros de esgrima (expertos) quienes pasan su experiencia a sus alumnos a diario en las clases que se imparten.
- A9:** Antes de empezar un asalto de esgrima se ha de tener clara la táctica a seguir, por lo que no serviría de nada reinventarse en mitad del asalto. Por lo tanto se puede llegar a la conclusión de que no es necesaria una respuesta inmediata ya que entre asaltos como mínimo hay un minuto de descanso, tiempo mas que suficiente para obtener una respuesta.
- A11:** Algunas de las características que se comparan entre tiradores son totalmente objetivas, como la altura, pero otras como la experiencia la rapidez y la frialdad serán cosas subjetivas que se han de percibir.

3.1.4 Características de éxito

Cat.	Iden	Peso	Valor	Denominación	Tipo
EX	E1	8	9	No se sienten amenazados por el proyecto, son capaces de sentirse intelectualmente unidos al proyecto	D
EX	E2	6	9	Tienen un brillante historial en la realización de esta tarea.	D
EX	E3	5	6	Hay acuerdos en lo que constituye una buena solución a la tarea	D
EX	E4	5	8	La única justificación para dar un paso en la solución es la calidad de la solución final	D
EX	E5	6	9	No hay un plazo de finalización estricto, ni ningún otro proyecto depende de esta tarea	D
TA	E6	7	10	No está influenciada por vaivenes políticos	E
TA	E7	8	5	Existen ya SSEE que resuelvan esa o parecidas tareas	D
TA	E8	8	7	Hay cambios mínimos en los procedimientos habituales	D
TA	E9	5	9	Las soluciones son explicables o interactivas	D

TA	E10	7	8	La tarea es de I+D de carácter práctico, pero no ambas cosas simultáneamente.	E
DU	E11	6	8	Están mentalizados y tienen expectativas realistas tanto en alcance como en las limitaciones	D
DU	E12	7	9	No rechazan de plano esta tecnología	E
DU	E13	6	8	El sistema interactúa inteligente y amistosamente con el usuario	D
DU	E14	9	9	El sistema es capaz de explicar al usuario su razonamiento	D
DU	E15	8	9	La inserción del sistema se efectúa sin traumas; es decir, apenas se interfiere en la rutina cotidiana de la empresa	D
DU	E16	6	9	Están comprometidos durante toda la duración del proyecto, incluso después de su implementación	D
DU	E17	8	8	Se efectúa una adecuada transferencia tecnológica	E

Fundamentos de éxito

A continuación se fundamentan algunos de los valores elegidos para las características de éxito.

E1: La idea de llevar a cabo este proyecto fue totalmente respaldada por el experto una vez que se comentó, involucrándose y formando parte de él desde el primer momento.

E9: Todas las soluciones se pueden explicar argumentando los motivos que da el experto por las que fueron tomadas, de tal manera que el usuario sea capaz de entenderlas.

3.1.5 Resultado

En la tabla 3.6 se muestra el resultado de la evaluación de las diferentes dimensiones siguiendo las fórmulas enunciadas en el test de SLAGEL. Una vez evaluadas dichas dimensiones se obtiene la media y se normaliza el valor, es decir, se expresa en tanto por ciento.

3. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Tabla 3.6: Resultados de viabilidad

Característica	π (Valor total)	π (Peso total)	Resultado	Resultado VC	Resultado máximo
Plausibilidad	3,175e9	2,380e9	$(7,559e18)^{1/10}$	77.24	86.63
Justificación	3,584e6	3,31e6	$(1,18e13)^{1/7}$	73.73	85.37
Adecuación	3,75e9	1,03e11	$(3,87e20)^{1/12}$	51.95	82.75
Éxito	9,83e13	2,96e15	$(2,91e29)^{1/17}$	54.59	81.30
VC Total				64.38	
VC Normalizado				84.01	

Conclusión

El porcentaje obtenido en la evaluación es suficiente como para seguir adelante con el proyecto, además si normalizamos el porcentaje sube hasta el 84.01 %, mas que suficiente para confiar en la viabilidad del proyecto.

Capítulo 4

Ayuda inteligente a la decisión en el deporte de esgrima

En este capítulo se hablará sobre como se ha desarrollado el proyecto. Para ello primero hablaremos de la metodología utilizada para después pasar a explicar cual fue el proceso de desarrollo del sistema.

4.1 Metodología

Para poder escoger una buena metodología tenemos que saber de los recursos que disponemos además de cuales son nuestros objetivos (funciones a desarrollar en que tiempo). Previamente se hablo de los objetivos pero un resumen de ellos sería desarrollar una aplicación, con la mayor accesibilidad posible, para ayudar al mundo de la esgrima. Para ello se llegó a la conclusión de que se desarrollaría un sistema de apoyo a la decisión el cuál tendría una interfaz web, de este modo se podría acceder a ella desde cualquier sitio con Internet. Este proyecto ha de desarrollarse en un periodo de tiempo de unas 300 horas aproximadas por lo que no podremos llegar a desarrollarlo por completo, de modo que este será un factor importante a la hora de elegir la metodología. La que escojamos deberá favorecer el trabajo en funcionalidades completas, de modo que cada vez que se empiece una, se deberá acabar.

Otra cosa a tener en cuenta son los recursos que se dispone. En este caso se cuenta de un desarrollador el cual hará a su vez de Ingeniero del Conocimiento. También se dispone de un experto en la materia, cuyas horas no serán contabilizadas. Además dichas personas no están a tiempo completo dedicadas al proyecto, solo podrán dedicarse de forma ocasional. Esto hace que sea mas complicado el desarrollo del mismo, por lo que no se podrán tener muchas funcionalidades abiertas sin acabar.

Además sabemos cual es nuestro punto de partida, al igual que nuestra meta, pero el camino es en su mayoría incierto. Esto hará que sea realmente difícil definir una serie de tareas, con pasos a seguir, las cuales tengan una duración estimada fiable.

Por todo lo mencionado anteriormente deberemos escoger una metodología de desarrollo ágil, la cual nos permita adaptarnos a los posibles cambios e inconvenientes que vayan surgiendo en el propio desarrollo. También deberemos escoger una metodología incremental, la cuál nos permitirá aumentar los objetivos de la aplicación en cualquier momento del desarrollo.

4.2 Extreme Programming

La metodología utilizada ha sido eXtreme Programming (XP) [Wel13]. Esto es debido a que es una metodología iterativa-incremental la cual permite el desarrollo de aplicaciones de modo que en cada iteración aumente la funcionalidad de la misma. Una de las principales ventajas que nos ofrece es su cercanía a la improvisación. Como se dijo antes necesitaremos una metodología la cual nos permita adaptarnos a las situaciones inesperadas, puesto que desconocemos el camino a seguir. XP también nos facilita el incremento de funcionalidades con el paso del tiempo, puesto que se centra en sacar versiones estables del proyecto y no pasar a la siguiente hasta que no este estable. En la figura 4.1 se puede ver el flujo normal trabajando con extreme programming

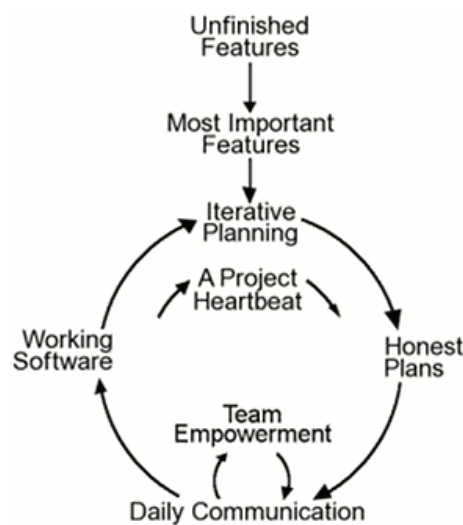


Figura 4.1: Flujo trabajo XP

4.2.1 Valores

Los valores que se defienden en esta metodología son los siguientes:

- **Simplicidad:** Esta es la base de XP. Cuanto mas simple sea el diseño, mas sencillo será de programarlo. Es por esto por lo que deberemos tener especial atención a las definiciones de los problemas. Para ayudar a un código sencillo se facilitará la refactorización de código cuanto sea necesario en cada iteración. De este modo no generaremos un código muy complejo según añadamos funcionalidades. La documentación del código no deberá ser muy extensa ya que un buen código estará auto documentado y se entenderá por si mismo.
- **Comunicación:** Reforzando el anterior apartado, la comunicación ha de ser sencilla. Evitar los comentarios en el código y mejorar este para que se explique automáticamente es algo fundamental. Por otro lado el desarrollo de test unitarios facilita la comunicación, puesto que estos explicarán de una manera muy clara los casos de uso.

- **Retroalimentación:** En esta metodología el cliente está muy implicado. Los tiempos en los que se hacen desarrollo y se entrega al cliente son muy cortos, de modo que se pueden comprobar funcionalidades poco después de desarrollarlas. De este modo evitaremos en gran medida los desarrollos que después de enseñárselos al cliente se desechan.
- **Valentía:** Para esta metodología tenga éxito hay que ser valiente tomando decisiones para que el diseño no se complique demasiado, puesto que esto conllevaría mayor tiempo de desarrollo, lo cual haría verse comprometida la faceta de entregas en poco tiempo.
- **Respeto:** Todos los miembros del equipo han de ser respetados. Todos los miembros del equipo aportan algo a él y no funcionaría sin ellos. Desde la dirección se respetará a dar responsabilidades a cada uno de los miembros.

4.2.2 Características

Lo que caracteriza a esta metodología es lo siguiente:

- **Desarrollo iterativo e incremental:** pequeñas mejoras, unas tras otras.
- **Pruebas unitarias continuas,** frecuentemente repetidas y automatizadas, incluyendo pruebas de regresión. Se aconseja escribir el código de la prueba antes de la codificación. Véase, por ejemplo, las herramientas de prueba JUnit orientada a Java, DUnit orientada a Delphi, NUnit para la plataforma .NET o PHPUnit para PHP. Estas tres últimas inspiradas en JUnit, la cual, a su vez, se inspiró en SUnit, el primer framework orientado a realizar tests, realizado para el lenguaje de programación Small-talk. pequeñas mejoras, unas tras otras.
- **Programación en parejas:** se recomienda que las tareas de desarrollo se lleven a cabo por dos personas en un mismo puesto. La mayor calidad del código escrito de esta manera -el código es revisado y discutido mientras se escribe- es más importante que la posible pérdida de productividad inmediata. Esta característica no podrá ser cumplida puesto que el desarrollo lo realizará una única persona.
- **Integración del equipo de programación con el cliente o usuario.** Se recomienda que un representante del cliente trabaje junto al equipo de desarrollo.
- **Corrección de todos los errores** antes de añadir nueva funcionalidad. Hacer entregas frecuentes.
- **Refactorización del código** reescribir ciertas partes del código para aumentar su legibilidad y mantenibilidad pero sin modificar su comportamiento. Las pruebas han de garantizar que en la refactorización no se ha introducido ningún fallo.
- **Propiedad del código compartida:** en vez de dividir la responsabilidad en el desarrollo de cada módulo en grupos de trabajo distintos, este método promueve el que

todo el personal pueda corregir y extender cualquier parte del proyecto. Las frecuentes pruebas de regresión garantizan que los posibles errores serán detectados.

- **Simplicidad en el código:** es la mejor manera de que las cosas funcionen. Cuando todo funcione se podrá añadir funcionalidad si es necesario. La programación extrema apuesta que es más sencillo hacer algo simple y tener un poco de trabajo extra para cambiarlo si se requiere, que realizar algo complicado y quizás nunca utilizarlo.

4.3 Agile Inception Deck

Antes de comenzar con el desarrollo será necesario ponerse de acuerdo con todos los miembros involucrados en el proyecto. Para ello se utilizará *Agile Inception Deck* [Ras10] el cual estará formado de un conjunto de dinámicas las cuales permitirán ayudar a llevar al proyecto a la dirección deseada. La parte de *Inception* estará formada por diez preguntas, las cuales se detallan a continuación:

1. ¿Por qué estamos aquí?

Esta cuestión nos permitirá contextualizar el proyecto, respondiendo el motivo del mismo.

2. El *Elevator pitch*

Literalmente sería el discurso del ascensor. Este apartado intentará dar respuesta a las preguntas qué, por qué y para qué. Para ello se utilizará el símil del tiempo que dura un viaje en el ascensor.

3. Diseñar una caja para el producto

Se dará una visión del producto desde la perspectiva del cliente.

4. Lista de los no

Aquí detallaremos que no es el producto y que no está dentro de él.

5. Conoce a tus vecinos

Daremos a conocer a las personas que están involucradas en el proyecto.

6. Muestra la solución

Se mostrará la metodología y arquitectura que se utilizará en el desarrollo del proyecto.

7. ¿Qué nos quita el sueño por las noches?

En este apartado se intentarán predecir los posibles imprevistos surgidos durante el desarrollo del proyecto.

8. Tamaño del proyecto

Planificación a alto nivel de la duración del proyecto.

9. Muestra con claridad lo que se va a dar

Identificar los temas más importantes en el desarrollo del proyecto

10. Muestra lo que va a conllevar

Análisis de costes del proyecto.

4.4 Kanban

Kanban es un método de gestión de trabajo. Este fue pionero en su época y fue pensado para aumentar el rendimiento en los procesos de producción de las fábricas. Toyota se encargó de desarrollar dicho método. Surge a raíz de querer cambiar la relación de fabricar y vender. Al principio las fábricas se dedicaban precisamente a eso, fabricar todo lo que podían para después vender todo lo que pudieran, creando excedentes en la mayoría de ocasiones. Después estos podrían ser reutilizados de otra forma, pero se perdían gran cantidad de recursos.

Es por esto que Toyota decidió cambiar su política y fabricar bajo petición de los clientes. De esta forma no tendrían excedentes y ahorrarían en todo el proceso de fabricación.

Kanban consiste en dividir el trabajo en tareas mas pequeñas. Además de crear un tablero con tantas columnas como se desee para organizar el trabajo. El tablero mas básico será aquel compuesto de tres columnas las cuales serán «pendiente», «en progreso» y «hecho». Dichas tareas serán movidas entre las columnas siguiendo un flujo establecido por cada proyecto. En el caso del tablero básico será añadir las tareas a la columna de *pendiente*. Cuando se inicien serán movidas a la columna *en progreso* y cuando haya sido completada finalizará en la columna *hecho*. Una vez en ahí ya podrán ser eliminadas o almacenadas.

Este método de trabajo fue adaptado al desarrollo software, siendo actualmente de los más utilizados. Para este proyecto se utilizó la herramienta de proyectos proporcionada por GitHub. De este modo estarán unificadas las herramientas de control de versiones, junto con el tablero en un mismo sitio. dicho tablero se puede ver en la figura 4.2.

Un motivo por el que fue elegida esta herramienta es la retroalimentación que brinda ante el progreso de las tareas. En todo momento se puede saber el número de tareas que tenemos en cada columna. Además hay un histórico de proyectos. Esto facilitará el cambio de metodología en un futuro si se quisiera usar SCRUM en vez de XP, pudiendo facilitar el concepto de sprints¹. El cambio será tan sencillo como crear un proyecto por cada sprint. El flujo de trabajo será el mismo, el cual será explicado a lo largo de este capítulo.

El tablero elegido fue el básico puesto que el flujo de trabajo no será de gran complejidad. Como se explicó antes, tendremos tres columnas por las que irán pasando las tareas. Estas

¹Sprint: periodo en el cual se realizan tareas. Cada sprint debería tener un objetivo final como por ejemplo terminar una funcionalidad

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

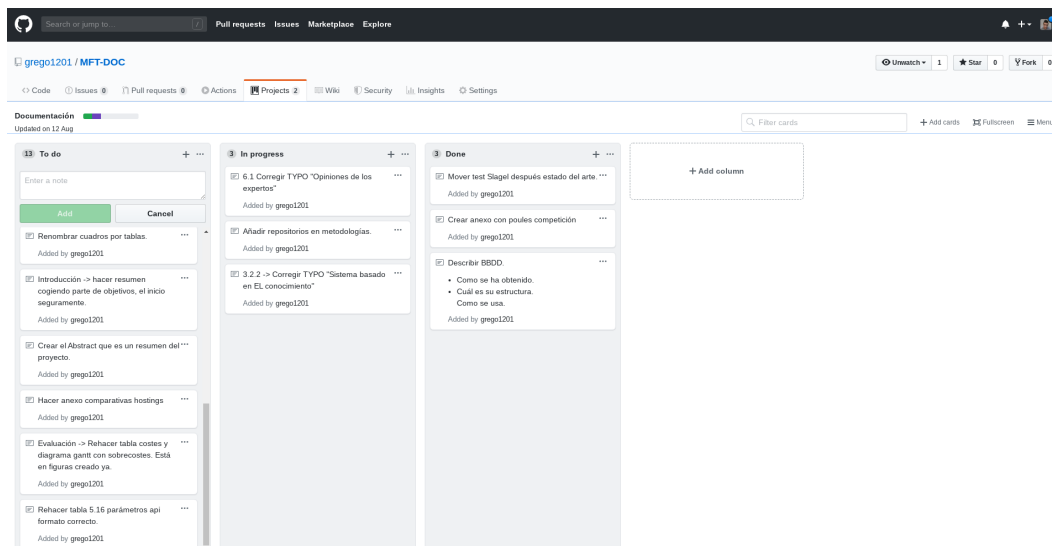


Figura 4.2: Tablero kanban proyecto documentación

serán pequeños progresos y avances que sean requeridos para completar la iteración que se esté desarrollando. El flujo de trabajo será el siguiente:

1. Añadir las tareas a la columna pendiente. Ordenar estas según su orden de prioridad.
2. Coger la primera tarea de la columna pendiente y moverla a la columna en progreso.
3. Desarrollar dicha tarea. En caso de existir algún bloqueo y se tenga que esperar, se cogerá la siguiente tarea de la columna pendiente.
4. Una vez finalizada dicha tarea será movida a la columna hecho.

Para evitar la sobrecarga en la columna hecho se archivarán las tareas que lleven dos semanas en dicha columna. Esto será mas fácil de seguir puesto que al moverlas se hará arriba, en la primera posición. De este modo cuando se revise habrá que empezar desde la última y estarán todas ordenadas cronológicamente.

Cada parte del proyecto tendrá su propio tablero para identificar cuales son las necesidades de los mismos. De este modo tendremos independencia entre ellos y así facilitar la continuidad de los mismos con un trabajo futuro.

Añadir que además GitHub facilita un sistema de tickets², también conocidos como issues. Con la configuración correcta estas issues crearán una nueva tarjeta en el tablero kanban correspondiente. Además, siguiendo un flujo de trabajo de Pull Request³ y, de nuevo, con la configuración adecuada se podrá automatizar el movimiento de las tareas en nuestro tablero. De este modo se conseguirá la automatización de todo este proceso ahorrando mucho trabajo y pudiendo centrarnos en analizar los resultados.

²Sugerencias sobre cambios o mejoras.

³Pull request: petición que se hace a un proyecto para llevar a cabo un cambio en él.

4.5 Desarrollo

A continuación se mostrará todo el proceso que se ha seguido para el desarrollo del prototipo de apoyo a la toma de decisiones en esgrima. Para ello se ha seguido la dinámica *Agile Inception* para el inicio del proyecto y después utilizando el desarrollo iterativo e incremental para las primeras versiones.

Para la resolución del proyecto han sido necesarias cinco iteraciones para cubrir los objetivos propuestos en el Capítulo 1. Estas se pueden ver en la figura 4.3.

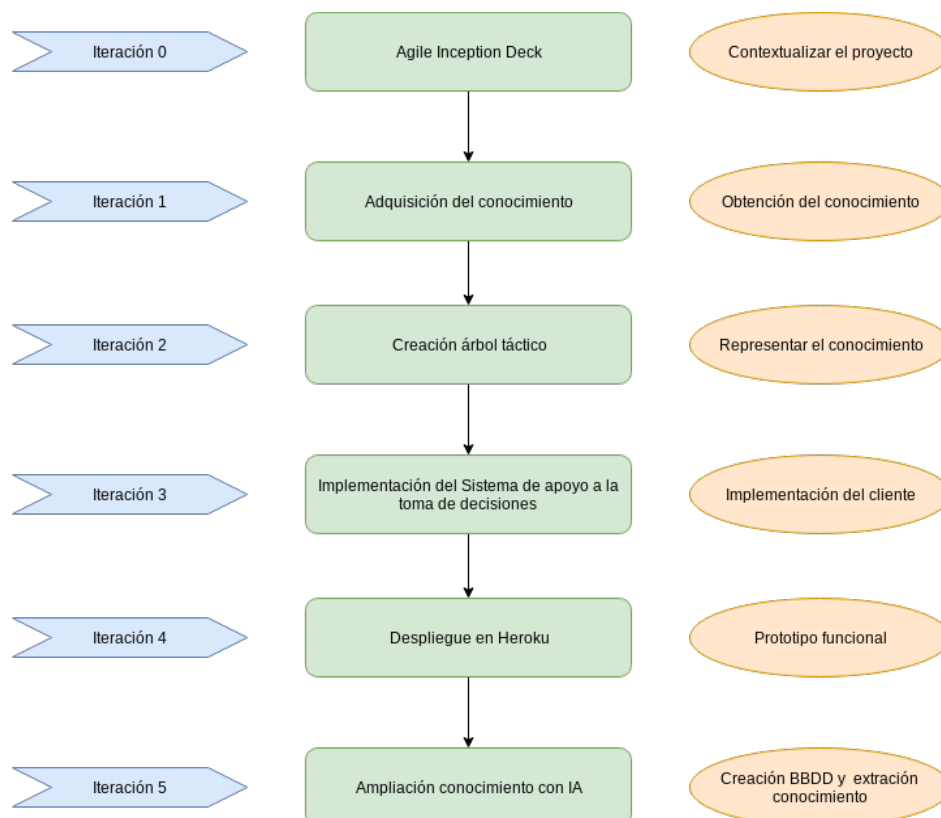


Figura 4.3: Iteraciones

4.6 Agile Inception Deck

Puesto que el proyecto junta dos disciplinas muy diferentes como son informática y esgrima, es imprescindible que todas las partes del proyecto que están involucradas y remen en la misma dirección. Para ello se utilizará la metodología *Agile Inception Deck*

4.6.1 ¿Por qué estamos aquí?

La necesidad de un apoyo a la toma de decisiones en una competición de esgrima es innegable. En la élite los tiradores tendrán entrenadores dedicados a ellos con estudios previos de rivales. Pero en niveles inferiores no se dará el caso, por lo que el desarrollo de un sistema de apoyo a la toma de decisiones será de gran utilidad para la comunidad de esgrima en las competiciones.

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

Además, en las salas de esgrima muchas veces no se dispone del tiempo suficiente para que un entrenador pueda transmitir su conocimiento a los alumnos, o no hay un entrenador como tal puesto que algunos clubes han empezado siendo un grupo de amigos que han practicado el deporte y querían que hubiera un club en su ciudad, sin tener estos muchos conocimientos. Para estos casos en los que se tienen dudas sobre que hacer en ciertas situaciones, este sistema dará una respuesta teórica para aclarar su visión.

Volviendo al mundo de la competición, también servirá a aquellos competidores que quieran averiguar si la elección que hicieron fue la correcta. Después de un torneo son muchos los que piensan que ha pasado, pudiendo usar la herramienta para saber si fue muy disparatada la elección.

4.6.2 *El Elevator pitch*

Aquí se tratará de explicar la finalidad del proyecto con la mayor brevedad posible. Para ello se elaboró la siguiente definición del prototipo:

DSS en un asalto de esgrima haciendo uso del conocimiento extraído de expertos y análisis de datos. Para llegar a dicho sistema se utilizarán técnicas de Ingeniería del conocimiento junto a técnicas de Inteligencia Artificial.

4.6.3 Diseñar una caja para el producto

El prototipo del proyecto surge de la necesidad de apoyar (o cubrir en caso de que no exista) la figura de entrenador en un asalto de esgrima para el arma de espada. Suponiendo que el producto final cubra las tres armas la imagen idónea para el producto sería:

- Ayudar a los competidores y entrenadores de esgrima a poder plantear una táctica antes del primer asalto y cambiarla en los descansos teniendo un sistema que le de opciones según las características de los tiradores.
- Ayudar a los practicantes de esgrima para que puedan ampliar y afianzar conocimientos sobre posibles situaciones sin tener que exponerse a ellas.
- Ayudar a la pérdida de practicantes de este deporte en las primeras competiciones haciendo que la curva de aprendizaje sea menor.

El prototipo limita la imagen idónea a un arma, pero la finalidad es la misma para el resto.

4.6.4 Lista de los no

Dado que es un prototipo se han definido una serie de limitaciones para disminuir la duración del proyecto:

- Alcance del prototipo:
 - El prototipo será diseñado únicamente para la categoría de espada.

- El prototipo contemplará las acciones básicas e intermedias de espada.
 - El prototipo contemplará las combinaciones básicas de espada.
 - El prototipo contará con dos versiones. Una de ellas será de uso rápido (preguntas y respuestas sencillas), mientras que la otra será mas detallada en la introducción de sus entradas y en las salidas que de.
- Fuera del alcance:
 - Sistema para las categorías de florete y sable.
 - No estarán contempladas todas las acciones posibles dentro del prototipo.
 - No estarán contempladas todas las combinaciones posibles dentro del prototipo.

4.6.5 Conoce a tus vecinos

En esta sección hablaremos sobre las personas involucradas en el proyecto. Los componentes del proyecto son los siguientes:

- Autor del proyecto:
 - Gregorio Baldomero Patiño Esteo
- Director del proyecto:
 - Dr. José Ángel Olivas Varela.
- Expertos implicados:
 - Juan Lomas Rayego
- Clubs implicados:
 - Espadas de Calatrava (Ciudad Real)

4.6.6 Muestra la solución

En este apartado se muestra un resumen de la arquitectura del proyecto a alto nivel, ver figura 4.4, y las herramientas empleadas para el desarrollo del mismo.

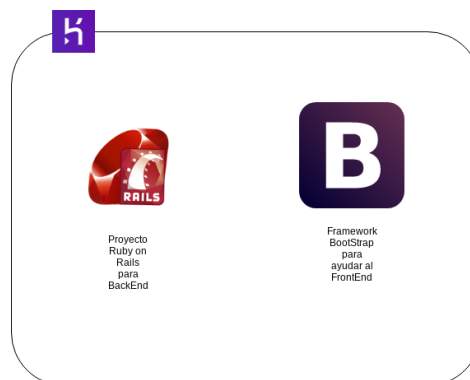


Figura 4.4: Arquitectura

Para llevar a cabo el proyecto se han empleado las siguientes herramientas:

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

- **Python:** como lenguaje de programación para la extracción de datos e implementación de algoritmos.
- **Clips:** como lenguaje para la creación de reglas del primer prototipo
- **Latex:** lenguaje para la documentación del proyecto. La plantilla utilizada ha sido desarrollada por el profesor David Villa Alises.
- **Ruby on Rails:** como lenguaje y framework para la aplicación web.
- **Heroku:** para despliegue de entornos en producción.
- **Numpy:** librería usada para el tratamiento de datos y creación de Base de Datos.
- **BeatifulSoup:** librería usada para la extracción de datos.
- **SciKit:** librería usada para el análisis de datos.
- **Vim:** Editor utilizado para RoR y LaTeX.
- **TexStudio:** IDE utilizado para compilar documentos en LaTeX.
- **Spyder:** IDE utilizado para compilación de Python.
- **Anaconda:** Framework utilizado para instalar los entornos de Python.
- **Github:** aplicación web utilizada para la creación y gestión de repositorios. Además también ha sido usada para tener un tablon kanvan.
- **Firefox:** navegador usado para la extracción de datos.
- **Draw.io:** aplicación web utilizada para la creación de gráficos, prototipos y diagramas.

4.6.7 ¿Qué nos quita el sueño por las noches?

El principal problema que nos podemos encontrar a la hora de realizar el proyecto es la situacionalidad de los casos a analizar. Puesto que aunque teóricamente sea correcto una acción frente a otra, dependerá de ambos tiradores que esta sea la correcta. Es por esto que se intentará hacer un sistema lo mas completo posible.

4.6.8 Tamaño del proyecto

Puesto que el sistema ha de ser bastante completo para tener una alta fiabilidad será complicado dar una aproximación precisa. Es por esto que se hará una estimación, teniendo muy presente que son estimaciones y puede variar. La estimación se dará en tiempo dedicado sin indicar fechas dada la disponibilidad de los recursos. La linea temporal del proyecto se puede ver en la figura 4.5 expuesta a continuación.

4.6.9 Muestra con claridad lo que se va a dar

Los objetivos a cumplir son los siguientes:

- Establecimiento del dominio del proyecto.

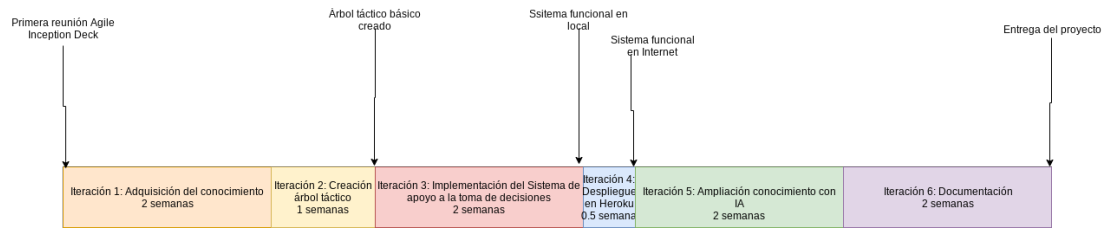


Figura 4.5: Línea temporal

Tabla 4.1: Horas del proyecto

Etapas	Horas dedicadas por autor	Hora dedicadas por Experto
Iteración 0	4h	4h
Iteración 1	76h	20h
Iteración 2	40h	5h
Iteración 3	80h	10h
Iteración 4	20h	0h
Iteración 5	80h	5h
Total	300	44

- Adquisición del conocimiento.
- Representación del conocimiento con cliente Ruby on Rails para un fácil uso e interacción con el prototipo.
- Despliegue de la infraestructura del servicio en Heroku.

4.6.10 Muestra lo que va a conllevar

El análisis de costes del proyecto se llevará a cabo basándose a la planificación que se puede ver en la figura 4.5. Los costes del proyecto se pueden dividir principalmente en dos tipos: personal e infraestructura.

El primer tipo, personal, dependerá del rol que se tome, puesto que dependiendo de este el coste a la hora será mayor. El primer rol que tendremos será el de desarrollador, el cual está estimado en 16€/h. Por otro lado tendremos el rol de experto, cuyo valor está estimado en 30€/h. En la tabla 4.1 se puede ver el coste de cada iteración, por rol y por horas. Además se podrá ver el coste total.

Por otro lado los costes de infraestructura han sido reducidos a cero. Puesto que no se busca lucrarse con el uso de herramienta, si no que sea útil para el resto se han buscado alternativas para reducir el coste disminuyendo en rendimiento de estas. Se ha optado por Heroku puesto que ofrece un plan totalmente gratuito a pesar de sus bajos recursos. Estos serán ampliables según las necesidades que se tengan. La comparativa se podrá ver mas adelante en el desarrollo. Esto es una aproximación inicial.

Por lo que el coste total del proyecto puede verse en la tabla 4.2.

Tabla 4.2: Costes del proyecto

Concepto	Desglose	Horas	Coste
Personal	Autor del proyecto	300h	4800€
	Experto	44h	1320€
Infraestructura	Heroku proyect	-	0€
Total	6120€		

4.7 Iteración 1: Obtención del conocimiento

Una vez establecido el tema a tratar en el proyecto y el alcance del mismo, se procede a desarrollar cada una de las iteraciones que lo componen.

En la primera iteración se ilustra el proceso de adquisición del conocimiento, lo que dará una visión mas detallada del proyecto y establecerá las bases para el desarrollo del árbol táctico que nos ayudará en la toma de decisiones en un asalto de esgrima.

4.7.1 Adquisición conocimiento básico

Lo primero que se hizo fue una investigación previa para asentar unas bases de conocimiento básicas sobre la materia en cuestión. Para ello se hicieron diversas búsquedas por Internet buscando información acerca del deporte y su competición. Sacando bastante información en las páginas de la federación internacional y española. Además de diversos medios como el podcast *Llamada a pista*⁴ y redes sociales como *weareelgato*⁵.

Sobre estas búsquedas se pudo sacar información acerca del reglamento, el cuál es algo básico de entender para saber como se puede plantear una estrategia. También se obtuvo información sobre los movimientos básicos de esgrima, de este modo podríamos entender la jerga del deporte cuando nos reuniéramos con los expertos. En cuanto al contenido multimedia se pudo sacar en claro como era un asalto de esgrima, afianzando todo el conocimiento obtenido anteriormente, viendo los movimientos que realizaban los tiradores y como se aplicaban las normas en los distintos casos. Además, se pudo ver como estos adaptaban sus estilos según transcurría el combate, por lo que nos hacía ver como se planteaba una táctica u otra en función de las características del asalto.

4.7.2 Adquisición conocimiento mediante entrevistas

Una vez que ya teníamos un conocimiento básico sobre esgrima en la modalidad de espada, estábamos preparados para la primera entrevista con el experto. En esta el objetivo principal no era más que poner en claro nuestros conceptos básicos para asegurarnos que podíamos entendernos con el experto, aunque no supiéramos el razonamiento de cada caso, pero sí el que nos decía. Este fue el motivo por lo que se decidió una entrevista abierta semi-estructurada.

⁴<https://llamadaapista.com/>

⁵<https://weareelgato.com/>

La entrevista se dividiría en dos partes principales. La primera de ellas sería asegurar los conceptos adquiridos en la materia y aclarar los que no tuviéramos seguros. Además se corregirían aquellos que fueran erróneos. La segunda parte de la entrevista sería prácticamente abierta en su totalidad, ya que sería el experto quien nos tendría que introducir en la materia de escoger una táctica u otra. Para ello fuimos con unas preguntas básicas, las cuales son comunes a la mayoría de procesos de toma de decisiones.

Una vez finalizada la entrevista se analizarían los resultados y sacarían conclusiones de la misma. El documento de la primera entrevista se puede ver en el Anexo A.

Con la primera entrevista finalizada y después de analizar los resultados sacamos en claro las siguientes conclusiones:

- Lo primero en lo que hay que fijarse para planificar una estrategia es en la distancia, físico y experiencia.
- La distancia se valorará según la diferencia de altura entre tiradores y el puño usado de cada uno.
- La experiencia puede jugar a tu favor si eres el que más tiene.
- El físico influye a la hora de escoger como quieres llevar el asalto.
- La personalidad del tirador influye en su forma de tirar. Intentar averiguar como es esa persona antes de un asalto.
- No hay una preferencia ante ceder terreno o llevar al rival a final de pista. Dependerá de la situación del asalto.

Además sacamos las siguientes palabras para el glosario:

1. Cualidades del tirador
2. Distancia
3. Experiencia
4. Físico
5. Técnicas
6. Tocar
7. Entrar con hierro
8. Entrar con segunda intención
9. Altura
10. Puño
11. Francés
12. Anatómico

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

Tabla 4.3: Tabla objeto atributo y valor

Objeto	Atributo	Valor
Tirador	Puño	{ Francés, Anatómico }
	Altura	[0, 230] cm
	Intimidado	{ Si, No }
	Edad	[0, 120] Años

13. Más joven
14. Más rápido
15. Sentirse intimidado
16. Saber mucho
17. Ganar rápido
18. Echado hacia delante
19. Esperar
20. Provocar errores
21. Contra
22. Ser ofensivo
23. Alcance
24. Poco contacto en hierro
25. Perder distancia
26. Puntería
27. Ser pasivo
28. Parar bien
29. Buen contrataque
30. Dejar corto
31. Dejar pensar

También actualizamos las tablas de objeto, atributo y valor (ver tabla 4.3)

Una vez reposado el conocimiento adquirido podremos pasar a la siguiente entrevista, de este modo ampliaremos la batería de posibilidades.

El planteamiento de la segunda entrevista era afianzar los conocimientos adquiridos en la primera y ampliar estos. Para ello lo primero que se hizo fue hacer preguntas abiertas sobre ciertas acciones en concreto. De esta manera nos aseguraríamos que estamos entendiendo bien el contexto del problema. Después pasaríamos a ampliar el conocimiento, de nuevo con preguntas abiertas para conseguir desarrollar un esquema táctico mas amplio y complejo.

Tabla 4.4: Tabla objeto atributo y valor ampliada

Objeto	Atributo	Valor
Tirador	Confianza	{Si, No}
	Reflejos	{Bajo, Medio, Alto}
	Velocidad	{Bajo, Medio, Alto}
	Capacidad defensiva	{Bajo, Medio, Alto}
	Capacidad ofensiva	{Bajo, Medio, Alto}

- El físico es importante pero no lo único a tener en cuenta. Los reflejos será algo muy a tener en cuenta junto a la velocidad de reacción.
- La teoría no lo es todo, también habrá que detectar como de bueno es el rival en las dos acciones principales de todo arte marcial, la defensa y el ataque. Con esto podremos trazar una táctica mas fiable y eficaz.
- La confianza en cada uno de los tiradores será determinante para saber que podemos movimientos podremos llevar a cabo o no.

Además sacamos las siguientes palabras para el glosario:

1. Coupé
2. Guardia
3. Defensa
4. Contra-ataque
5. Finta
6. Provocar
7. Engañar
8. Distraer
9. Llamada
10. Finta-Pase
11. Reflejos
12. Capacidad defensiva
13. Capacidad ofensiva
14. Confianza
15. Explosividad

También ampliamos las tablas de objeto atributo-valor. Ver tabla 4.4

El glosario final se puede ver en el anexo B. La tabla de objeto, atributo y valor final se puede ver en el anexo C.

4.8 Iteración 2: Representar el conocimiento

Una vez que ya tenemos conocimiento extraído de las entrevistas hay que plasmarlo. Para ello se obtendrán reglas mediante las cuales podamos tomar una decisión, es decir, crearemos un árbol de decisión el cual sea capaz de llevarnos a una táctica.

Para ello crearemos reglas simples, mediante las cuales con una serie de entradas, obtendremos una salida. Esta puede tener diversas formas. Puede ser una decisión final o la decisión de un camino intermedio para discernir si elegir una vía u otra. Estas reglas deberán ser supervisadas por el experto, ya que estas simularan su decisión.

La creación de estas reglas llevarán a un prototipo de sistema experto, el cual será la primera versión que podrá ser probada en un entorno local para ver si su uso aumenta el porcentaje de victorias, además del número de tocos dados y a su vez, disminuir el número de tocos recibidos. Para ello se empezará con la creación de reglas básicas, como las de la primera entrevista. Esto nos dará un árbol de decisión que podrá ser ampliable en todo momento.

El primer paso para crear dicho árbol será tener claro cual es el proceso en la toma de decisión. Para ello se ha creado el diagrama, el cual ha sido corroborado por el experto. Dicho diagrama se puede observar en la figura 4.6.

Con el árbol de decisiones resumido, se elaboraron los sub-arboles para cada uno de los casos. Estos árboles han sido implantados como diagramas. En la figura 4.7 se puede ver el diagrama desarrollado para obtener la experiencia. El resto se puede ver en el anexo E donde se encuentran todos juntos.

Con los flujos definidos en las tomas de decisión ilustrados mediante diagramas para favorecer su interpretación y corrección se puede empezar a desarrollar el sistema experto. Para ello inicialmente se hará una versión básica de éste mismo que se ampliará poco a poco. Se hará módulo por módulo para favorecer el desarrollo ágil y una vez listo cada módulo se implementará con el resto. Al final obtendremos un prototipo del sistema experto desarrollado en CLIPS el cuál será funcional y podrá ser probado. De este modo conseguiremos pulir fallos en el proceso de desarrollo.

Para ello se han de definir reglas. En el proceso de definición de las reglas se usaron los diagramas desarrollados anteriormente. A continuación se muestra el desarrollo seguido para el módulo de experiencia. El diagrama de este módulo se puede ver en la figura 4.7 de este mismo capítulo.

Primero se estudió que variables harían falta. Para ello se definen tres variables las cuales serán booleanas indicando la altura. Solo una de ellas podrá ser verdadera y siempre habrá una verdadera. Dichas variables son *ALTOMASEL*, *ALTOIGUAL* y *ALTOMASYO*. Indicando la primera que el contricante es mas alto, la segunda que el primer tirador es mas alto mientras que la segunda que ambos son de la misma altura.



Figura 4.6: Esquema toma decisión

Para saber la empuñadura que usa cada tirador se han definido dos variables por tirador. De tal modo que quede como EMPUÑADURAX siendo empuñadura el tipo de empuñadura y X el tirador. de modo que las cuatro variables resultantes son: FRANCESEL, FRANCESYO, ANATOMICOEL y ANATOMICOYO.

Por último para definir quien tiene mas distancia, al igual que con la altura se han definido tres variables. Estas variables son *MASDISTANCIAEL*, *DISTANCIAIGUAL* y *MASDISTANCIAYO*. La primera indicaría que el rival tiene mas distancia, la segunda que ambos tienen la misma distancia, mientras que la última indicaría que el primer tirador tiene mas distancia.

Con las variables definidas para cada nodo del árbol se definen las reglas, así cuando estén todas definidas, todos los caminos del árbol estén cubiertos. En la tabla 4.5 se pueden ver las reglas junto al camino que cubren. Los caminos se pueden ver en la figura 4.8.

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

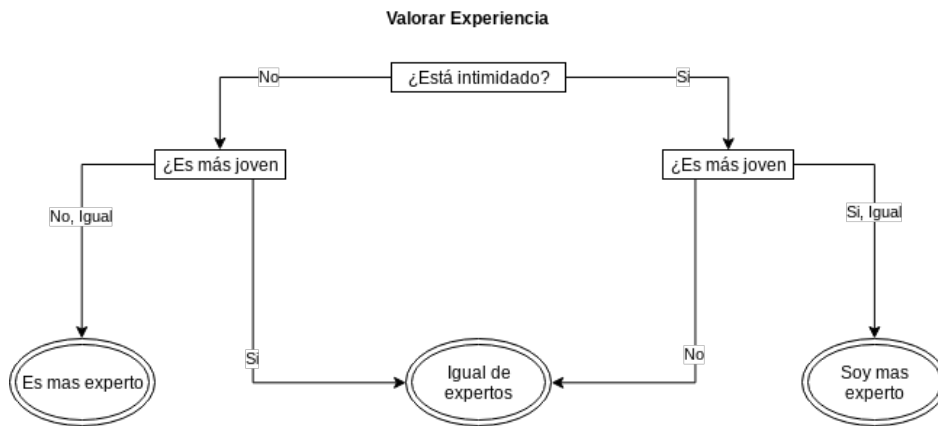


Figura 4.7: Árbol decisión experiencia

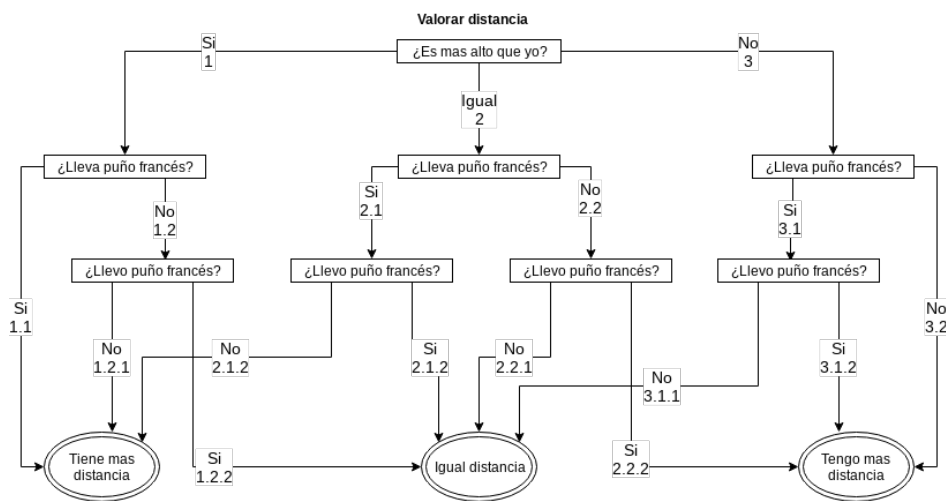


Figura 4.8: Arbol decisión distancia con caminos numerados

Tabla 4.5: Reglas distancia

Regla	Camino cubierto
Si ALTOMASEL y FRANCESEL y FRANCESYO entonces MASDISTANCIAEL	1.1
Si ALTOMASEL y ANATOMICOEL y ANATOMICoyo entonces MASDISTANCIAEL	1.2.1
Si ALTOMASEL y FRANCESEL y ANATOMICoyo entonces MASDISTANCIAEL	1.1
Si ALTOMASEL y ANATOMICOEL y FRANCESYO entonces DISTANCIAIGUAL	1.2.2
Si ALTOIGUAL y FRANCESEL y FRANCESYO entonces DISTANCIAIGUAL	2.1.2
Si ALTOIGUAL y ANATOMICOEL y ANATOMICoyo entonces DISTANCIAIGUAL	2.2.1

Si ALTOIGUAL y FRANCESEL y ANATOMICOYO DISTANCIAMASEL	2.1.2
Si ALTOIGUAL y ANATOMICOEL y FRANCESYO entonces DISTANCIA-MASYO	2.2.2
Si ALTOMASYO y FRANCESEL y FRANCESYO entonces DISTANCIAMAS-YO	3.1.2
Si ALTOMASYO y ANATOMICOEL y ANATOMICOYO entonces DISTANCIA-MASYO	3.2
Si ALTOMASYO y FRANCESEL y ANATOMICOYO entonces DISTANCIAI-GUAL	3.1.1
Si ALTOMASYO y ANATOMICOEL y FRANCESYO entonces DISTANCIA-MASYO	3.2

Con las reglas definidas las pasamos al sistema experto definidas en CLIPS.

A continuación se lista la plantilla y reglas utilizadas para el sistema experto en CLIPS.

(defrule cogerDatosTiradorEl "coger datos"

```
?el <- (tirador (id el) (edad ?edadEl)(altura ?alturaEl)(puno ?punoEl)(intimidado ?intimidadoEl))
?yo <- (tirador (id yo) (edad ?edadYo)(altura ?alturaYo)(puno ?punoYo))
;(test (> ?edadEl ?edadYo))
=>
  (assert
    (alturaEl ?alturaEl)(alturaYo ?alturaYo)
    (edadEl ?edadEl)(edadYo ?edadYo)
    (punoEl ?punoEl)(punoYo ?punoYo)
    (intimidadoEl ?intimidadoEl)
  )

  (retract ?el)
  (retract ?yo)
)
```

```
;-----
;
;      Sacamos la altura
;
;-----
```

```
(defrule compararAltura1
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
```

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

Tabla 4.6: Sujetos prueba prototipo

Número de sujeto	Edad	Altura	Años de experiencia	Empuñadura	Naturaleza
1	38	160	1 año	Frances	Neutra
2	43	168	1 año y 8 meses	Anatómico	Defensivo
3	23	175	3 años y 6 meses	Anatómico	Agresivo
4	35	183	10 años	Anatómico	Defensivo

```
(test (> ?x ?y))
(test (> (- ?x ?y) 5)) ;seria para comprobar que la diferencia es mayor que 5
=>
(assert (altura masEl))
)

(defrule compararAltura1_2
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (> ?x ?y))
  (test (<= (- ?x ?y) 5)) ;seria para comprobar que la diferencia es mayor que 5
  =>
  (assert (altura igual))
)

(defrule compararAltura2_1
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (< ?x ?y))
  =>
  (assert (altura masYo))
)

(defrule compararAltura2_2
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (<= ?x ?y))
  (test (<= (- ?y ?x) 5)) ;seria para comprobar que la diferencia es mayor que 5
  =>
  (assert (altura igual))
)
```

El resto de reglas se pueden ver en el anexo D.

Con el prototipo desarrollado era hora de ponerlo a prueba. Recordar que cada uno de los módulos fue revisado y aprobado por el experto. Para poner a pruebas el prototipo se llevó a la sala de esgrima de Ciudad Real. Para las pruebas se utilizaron sujetos cuyas características se pueden ver en la tabla 4.6.

4.9 Iteración 3: Implementación del cliente

Con el prototipo del sistema experto desarrollado el siguiente paso fue proporcionar una interfaz amigable para el usuario a la par que accesible desde cualquier lugar.

Para ello lo primero fue crear unos bocetos sobre el diseño que se quería tener en la web. La idea original es que esta se componga de una página principal en la que se explique el objetivo de la página y cual es su propósito.

Por otro lado tendremos dos secciones que se diferencien la una de la otra, de las cuales una de ellas estará destinada a una versión rápida del sistema de apoyo mientras que la otra será una versión mas exhaustiva. De este modo nos podremos adaptar a las diversas situaciones en las que se puede utilizar la herramienta. La primera será para aquellas situaciones en las que tenemos menos de un minuto para que nos de un resultado. La segunda será para cuando podamos analizar los resultados e introducir las variables con mayor calma puesto que no tendremos prisa para ello.

Los resultados los bocetos se pueden ver en las figuras 4.9 y 4.10.

MFT Inicio **Llenar** Guiado Contacto Sugerencias Entrenamiento Inglés

Formulario completo sistema

Tirador 1

Selecciona el puño

☐ Francés

☐ Anatómico

Marque la siguiente opción si está intimidado

☐ Intimidado

Edad

5

Altura (cm)

5

Tirador 2

Selecciona el puño

☐ Francés

☐ Anatómico

☐ Intimidado

5

5

Calcular

Figura 4.9: Boceto página llenar

El resto de bocetos se pueden consultar en el anexo F.

Una vez con los bocetos claros se decidió que tecnologías usar. Para el desarrollo de la aplicación se decidió usar Ruby puesto que es uno de los lenguajes de programación mas utilizados para el desarrollo rápido de aplicaciones web. Otro de los motivos para escoger dicho lenguaje es el conocimiento obtenido por el desarrollador en dicho lenguaje, de este modo no tendremos que añadir tiempo de aprendizaje al proyecto, lo cual ahorrará recursos. En este caso el recurso será el tiempo que tarde en aprender el nuevo lenguaje.

El paradigma utilizado será Modelo-Vista-Controlador. Siendo este el que más favorece a

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

MFT Inicio Llenar **Guiado** Contacto Sugerencias Entrenamiento Inglés

Formulario guiado sistema

¿Tienes mas distancia?

☐ Si

☐ No

☐ Igual

¿Eres mas joven?

☐ Si

☐ No

☐ Igual

Marque la siguiente opción si está intimidado

☐ Intimidado

Calcular

Figura 4.10: Boceto página guiado

la mantenebilidad del proyecto, permitiendo la ampliación de requisitos del mismo mediante modelos para después ampliar a usuarios, perfiles de tiradores, etc.

El desarrollo de la aplicación web se hizo en local, utilizando las herramientas que proporciona ruby para ello. Además se utilizó control de versiones con un repositorio el cual puede ser consultado en el siguiente enlace <https://github.com/grego1201/MFT-WEB> o siguiendo el QR situado en la figura 4.11.



Figura 4.11: Código QR repositorio web

Para ello se siguieron los siguientes pasos:

1. **Inicialización:** Lo primero de todo será inicializar el proyecto. Hay muchos ejemplos de como inicializar un proyecto en ruby pero se siguió la documentación⁶ que te da la propia página web de ruby. Con esto tendremos lo básico para poder empezar a desarrollar la aplicación e ir añadiendo todo aquello que necesitemos.
2. **Creación controladores:** Crearemos los primeros controladores de la aplicación que serán los mas importantes puesto que serán los encargados de manejar las peticiones hechas a las dos partes principales de la aplicación. Estos son los controladores para

⁶https://guides.rubyonrails.org/getting_started.html

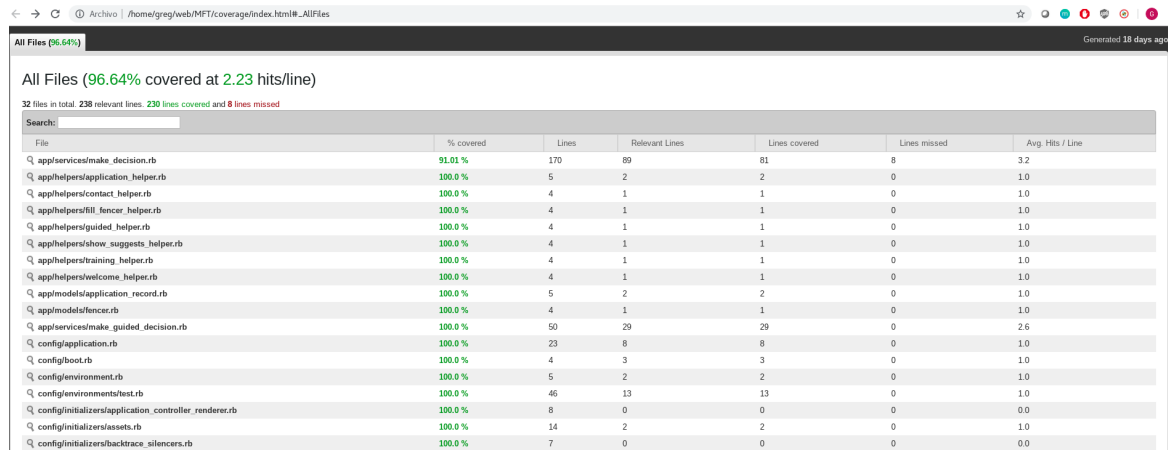
el apartado guiado y el completo. Además en este paso añadiremos los formularios en las vistas de dichos controladores de modo que podamos hacer las primeras pruebas.

3. **Creación servicio toma decisión:** Crearemos un servicio que será encargado de toda la lógica del sistema de apoyo a la toma de decisión. Aquí nos encargaremos de trasladar todo el conocimiento obtenido anteriormente a una clase que tenga toda la lógica de modo que este servicio sea accesible por toda la aplicación. Además en este apartado añadiremos los correspondientes test para comprobar que la implementación ha sido la adecuada.
4. **Creación vista resultados:** Daremos visualización a los resultados obtenidos por el servicio de toma de decisiones. De esta forma el usuario podrá ver cual es el resultado de dicho sistema.
5. **Añadir bootstrap:** Añadiremos el framework bootstrap para ayudarnos a la aplicación de estilos en la página. De esta manera mejoraremos la usabilidad de la misma.
6. **Añadir traducciones:** Haremos los cambios necesarios para permitir a la aplicación traducciones en distintos idiomas de forma que se pueda internacionalizar. En esta primera iteración se añadirá castellano e inglés.
7. **Añadir página de inicio:** Crearemos la página de inicio en la que daremos información general de la aplicación, cual es su objetivo y de donde nace.
8. **Añadir página de contacto:** Crearemos una página de contacto en la que se dará información de los responsables del proyecto y donde encontrarles.
9. **Añadir página de sugerencias:** Crearemos una página en la que los usuarios podrán plasmar sus sugerencias de modo que la página y el sistema tenga retro-alimentación y así perfeccionarlo.
10. **Añadir página entrenamiento:** Se añadirá un apartado en la página cuyo destino será que los tiradores puedan consultarla y obtener ideas de entrenamiento. Al principio tendrá una serie de acciones con un seleccionador de estas aleatorio y así que puedan practicarlas forzando a realizar dichas acciones.
11. **Definir y añadir estilos:** Se definirán los estilos de los formularios, botones, textos, etc de la aplicación.

Para asegurar la calidad de código se van a seguir dos principios. Estos son comprobar el código con test y estos deberán cubrir un mínimo de 90 % de líneas de un fichero. También seguiremos una guía de estilos. Esto nos asegurará en un futuro que todo el mundo escriba el código de una forma «parecida». Al menos seguirán unas reglas las cuales no se podrán saltar. Entre ellas estará el número máximo de caracteres por línea, número máximo de líneas por método, complejidad máxima de un método, etc.

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

Para lo primero se usará la gema *simplecov*⁷ la cuál nos permite configurar los test de manera que luego genere un informe que se podrá consultar desde el navegador en local. Un ejemplo del informe se puede ver en la figura 5.12. En él se puede observar como se obtuvo una cobertura de código del 96.64 %. Esto deberá ser mejorado en un futuro siendo el 100 % lo idóneo.



File	% covered	Lines	Relevant Lines	Lines covered	Lines missed	Avg. Hits / Line
app/services/make_decision.rb	91.01 %	170	89	81	8	3.2
app/helpers/application_helper.rb	100.0 %	5	2	2	0	1.0
app/helpers/contact_helper.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/helpers/fill_fencer_helper.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/helpers/guided_helper.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/helpers/show_suggests_helper.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/helpers/training_helper.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/helpers/welcome_helper.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/models/application_record.rb	100.0 %	5	2	2	0	1.0
app/models/fencer.rb	100.0 %	4	1	1	0	1.0
app/services/make_guided_decision.rb	100.0 %	50	29	29	0	2.6
config/application.rb	100.0 %	23	8	8	0	1.0
config/boot.rb	100.0 %	4	3	3	0	1.0
config/environment.rb	100.0 %	5	2	2	0	1.0
config/environments/test.rb	100.0 %	46	13	13	0	1.0
config/initializers/application_controller_renderer.rb	100.0 %	8	0	0	0	0.0
config/initializers/assets.rb	100.0 %	14	2	2	0	1.0
config/initializers/backtrace_silencers.rb	100.0 %	7	0	0	0	0.0

Figura 4.12: Ejemplo informe cobertura código

En cuanto a la calidad de código se usó la librería *rubocop*⁸. Esta te permite fijar unas reglas de código mediante y después comprobar que estas se han cumplido. Muchos editores tienen plugins para comprobar dichas normas fijadas en el proyecto a la vez que escribes el código. Para este proyecto se cambiaron las normas por defecto adaptándolas a las necesidades de este. Las modificaciones hechas fueron las siguientes:

- **Longitud máxima de línea.** Este fue modificado para aumentarlo a 120 caracteres.
- **Longitud máxima de método.** Este fue modificado para aumentarlo a 15 líneas.
- **Longitud máxima de clase.** Este fue modificado para aumentarlo a 140 líneas.
- **Complejidad máxima.** Este fue modificado para aumentarlo a 21.

Con todo esto ya terminado podremos pasar al siguiente paso que será dar acceso a la aplicación a cualquier persona que tenga acceso a Internet.

4.10 Iteración 4: Prototipo funcional

Para darle una mayor accesibilidad al sistema se decidió desarrollar una aplicación web, de este modo cualquier persona con conexión a Internet podría acceder a ella. El siguiente paso en el desarrollo del proyecto sería darle acceso a cualquier persona con internet.

Para ello tendrá que estar alojada en algún servidor externo. Puesto que no guardamos ningún dato sensible, no hace falta que esté alojado en Europa. Después de analizar las

⁷<https://github.com/colszowka/simplecov>

⁸<https://github.com/rubocop-hq/rubocop>

distintas posibilidades se decide usar Heroku. Para ello se hizo un estudio de las herramientas de hosting mas conocidas cuyo resultado se puede ver en la tabla 4.7

Tabla 4.7: Tabla comparativa precios hosting

Hosting	Precio	Dominio incluido	Soporte incluido	Documentación	Retraso en primer acceso	Nº máximo de instancias
Heroku	0€	No	No	Media	30 segundos	5
AWS	0.69€	No	Si	Alta	0 segundos	1
Azure	0.49€	No	Si	Alta	0 segundos	1
IBM Cloud	0€	No	No	Media	30 segundos	1

Para mejorar el desarrollo del proyecto aplicó integración continua gracias a la creación de test, comprobación de cobertura de código en test y además calidad de código usando rubocop. Para ello se utilizó CircleCI⁹ el cuál te permite crear un conjunto de trabajos los cuales deberán tener una salida positiva o negativa en función de si han sido satisfactorios o no sus resultados.

Primero se descargará la máquina e instalarán las dependencias necesarias. Esto se hace para comprobar que no hay conflictos entre ellas y que todas están disponibles. Después se crea la base de datos con todas las migraciones necesarias. De este modo comprobamos que no hay problemas a la hora de generar una base de datos y no habrá problemas en el despliegue. Con la base de datos creada se lanzan todo el conjunto de test al completo. En caso de que falle alguno este trabajo no será satisfactorio y el CI¹⁰ fallará. Cuando se hayan pasado todos los test entonces se ejecutará una tarea para comprobar que la calidad de código es correcta.

Estos trabajos se comprueban con cada subida al repositorio, ya sea una rama diferente de la principal o la misma. En la figura 4.13 se puede ver un ejemplo de una pull request de una rama secundaria en la que fallaron estos trabajos pero al final todos fueron positivos.

Gracias a estos trabajos se puede tener integración continua. Heroku facilita esta labor con sus integraciones de GitHub. Una vez conectamos las cuentas se puede elegir el despliegue manual o el automático, seleccionando una rama principal. En este proyecto la rama principal será *master*¹¹. Cuando se haga una subida a master se lanzarán todos los trabajos que comprueban que todo está correcto y una vez hayan pasado todos se subirán los cambios automáticamente a la página web y se verán reflejados. De esta manera se ahorra mucho tiempo

⁹<https://circleci.com/>

¹⁰CI: Conjunto de trabajos para la integración continua.

¹¹Este es el nombre mas común para la rama principal en la mayoría de proyectos

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

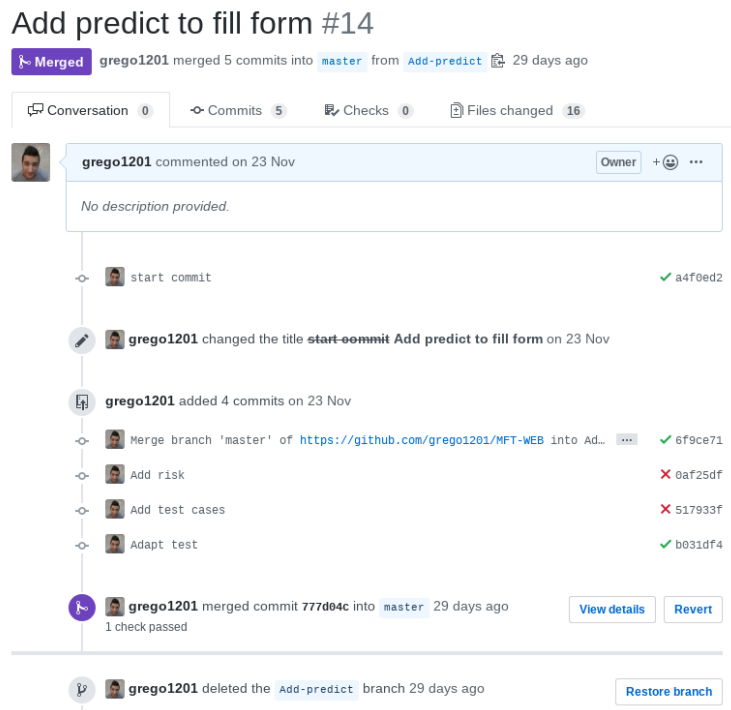


Figura 4.13: Ejemplo pull request

de trabajo evitando despliegues manuales, llevando estos a posibles errores como subir cosas que no se deba u olvidar algún paso en el proceso de despliegue.

4.11 Iteración 5: Creación BBDD y extracción conocimiento

Para ampliar el conocimiento y dar un mayor abanico de opciones a tener en cuenta en nuestro sistema de apoyo a la toma de decisión se intenta pronosticar quien será el ganador de un asalto, de esa forma el sistema podrá tenerlo en cuenta para dar una recomendación u otra.

Para el pronóstico se usarán técnicas de aprendizaje automático que se verán mas adelante. Para poder aplicarlas hace falta una BBDD. Después de una larga búsqueda fallida se decide crear nuestra propia BBDD sacando la información de la página de la Federación Internacional de Esgrima¹².

Todo lo ejecutado en esta iteración ha sido desarrollado con control de versiones y se podrá consultar en el siguiente repositorio. Este sufrió modificaciones durante el desarrollo y es por eso que el histórico puede ser confuso. El repositorio se puede consultar en el siguiente enlace <https://github.com/grego1201/MFT-API> o en la figura 4.14.

¹²<https://fie.org/>



Figura 4.14: Código QR repositorio api

4.11.1 Obtención BBDD

En la página de la FIE disponemos de toda la información de cada torneo acontecido desde hace varios años con los resultados obtenidos en cada encuentro. Gracias a esto podemos recopilar toda la información necesaria para poder obtener conocimiento y transmitirlo a nuestro sistema para que este pueda nutrirse de él y que de este modo sea mas amplio y fiable.

Para la obtención de datos se han realizado diferentes scripts desarrollados en python mediante la técnica de Web Scrapping, por lo que es posible que no sean funcionales cuando esté leyendo esto dado que la página podría haber cambiado el diseño y/o estructura, pero tan solo habría que adaptar parte de ellos para que vuelvan a ser funcionales. La técnica de Web Scrapping se basa en visitar la página web y explorar su código para obtener la información de la misma.

Primero observamos la página y vimos como estaba estructurada. En este caso listaban los torneos dando información sobre ellos como el tipo de torneo, género, arma, categoría, etc. También usaban una paginación por lo que esto nos hacía pensar que había muchos tipos de torneos y desde hace bastantes años. Cuando nos metimos a ver la estructura de dichos torneos vimos como los registros eran diferentes, indicando solo la clasificación general, algunos de ellos. Esto sucedía sobre todo cuanto mas tiempo tuvieran, por lo que se decidió hacer una primera criba y obtener aquellos a partir del 2015, que son aquellos en los que se empezaron a registrar los resultados de las eliminatorias además de la clasificación general del torneo. Esta es la información que nos interesa sacar, dado que con la clasificación general será algo más complicado sacar conocimiento de esta para nuestro objetivo final. Mientras que con los resultados obtenidos de cada enfrentamiento, junto a las características de cada tirador como pueden ser ranking FIE, mano usada, edad y nacionalidad podremos sacar algo de conocimiento con todo ello.

Con la primera criba hecha pasamos a sacar la información de cada torneo. Para ello exploraremos la página con la información de cada competencia la cual contiene la clasificación general, la cual no nos interesa almacenar. Por otro lado tenemos la fase de grupos o también conocida como poules. Esta fase también la ignoraremos de momento pudiendo

Tabla 4.8: Estructura BBDD Inicial

Campo	Tipo	Descripción	Ejemplo
CompetitionID	String	Identificador de la competición	2019-64
Tableu	Integer	32	32
Competitor1	String	Identificador del competidor 1	/fencers/Anna-KOROLEVA-40351/
Competitor2	String	Identificador del competidor 2	/fencers/Kira-KESZEI-49034/
ResultCompetitor1	String	Resultado del competidor 1	V/15
ResultCompetitor2	String	Resultado del competidor 2	D/13

ser esta información a analizar en un futuro. Ya sólo nos quedarían las fases eliminatorias o cuadros de directas. Estos contienen el resultado del enfrentamiento: tocados dados por cada tirador, quien ganó, el identificador de cada tirador y el tablón que se disputaba. Con esto la estructura de la BBDD se queda de la siguiente forma (ver tabla 4.8):

A continuación en la tabla 4.9 se puede ver un ejemplo del estado inicial de la BBDD.

Tabla 4.9: Ejemplo BBDD inicial

CompetitionID	Tableu	Competitor1	Competitor2	Result-Competitor1	Result-Competitor2
2019-64	32	/fencers/Anna-KOROLEVA-40351/	/fencers/Kira-KESZEI-49034/	V/15	D/13
2019-64	32	/fencers/Greta-CECERE-45345/	/fencers/Andreea-LUPU-37410/	V/15	D/12

Con esta información recopilada nos faltaría completarla. Para ello extrajimos en una BBDD aparte todos los identificadores de los competidores, de esa forma podríamos extraer sus características en una tabla aparte la cual recopile la información de todos los competidores. Esta tabla contendrá la siguiente información de cada tirador: identificador, edad, ranking, nacionalidad, mano dominante y arma. De tal forma que la estructura se puede ver tabla 4.10 y un ejemplo en la tabla 4.11.

Tabla 4.10: Estructura BBDD tiradores

Campo	Tipo	Descripción	Ejemplo
ID	String	Identificador del tirador	ADRIANA-MILANO-36467
Edad	Integer	Edad del tirador	32
FieRanking	String	Ranking de campeonatos FIE del tirador	1234
Nacionalidad	String	Nacionalidad del tirador	VENEZUELA
Mano	String	Mano dominante del tirador	Right
Arma	String	Arma principal del tirador	Sabre

Tabla 4.11: Ejemplo BBDD tiradores

ID	Edad	FieRanking	Nacionalidad	Mano	Arma
ADRIANA-MILANO-36467	21	None	VENEZUELA	Right	Sabre
AKHMETOV-Iskander-35108	22	82	RUSSIA	Right	Foil

Con toda la información recopilada juntaremos ambas BBDD de forma que cruzando los datos de ambas podremos sustituir los identificadores del de los tiradores de la primera BBDD con los datos recopilados de cada tirador.

De esta forma conseguiremos tener toda la información en una sola BBDD para que los datos puedan ser comparados con mayor facilidad. La estructura final de la BBDD se puede ver en la tabla 4.12.

Tabla 4.12: Estructura BBDD final

Campo	Tipo	Descripción	Ejemplo
ID	String	Identificador de la competición	ADRIANA-MILANO-36467
TABLEU	Integer	Tablón en el que se juega el asalto	32
C1_ID	String	Identificador del primer tirador	Alexander-CHOUPENITCH-21765
C1_AGE	Integer	Edad del primer tirador	32
C1_RANKING	Integer	Ranking del primer tirador	10
C1_NATIONALITY	String	Nacionalidad del primer tirador	CZECH REPUBLIC
C1_HANDNESS	String	Mano dominante del primer tirador	Right
C1_WEAPON	String	Arma principal del primer tirador	Epee
C2_ID	String	Identificador del segundo tirador	Alexander-CHOUPENITCH-21765
C2_AGE	Integer	Edad del segundo tirador	32

C2_RANKING	Integer	Ranking del segundo tirador	10
C2_NATIONALITY	String	Nacionalidad del segundo tirador	CZECH REPUBLIC
C2_HANDNESS	String	Mano dominante del segundo tirador	Right
C2_WEAPON	String	Arma principal del segundo tirador	Epee
RESULT_C1	String	Resultado del primer tirador	V/15
RESULT_C2	String	Resultado del segundo tirador	D/7

4.11.2 Tratamiento BBDD

El primer paso que daremos será añadir una columna numérica indicando quien fue el ganador del encuentro. Esta contendrá 0 o 1 dependiendo de si ganó el primer tirador o el segundo respectivamente. De esta forma será mas fácil identificar quien de los dos tiradores ganó. La estructura del nuevo campo se podrá ver en la tabla 4.13. Para la obtención de este campo se exploró el asalto correspondiente y se comprobó quien tenía dentro de su resultado la letra «V» dado que esta es la que indicaba la victoria.

Tabla 4.13: Estructura campo ganador

Campo	Tipo	Descripción	Ejemplo
WINNER	Integer	Este campo nos indicará quien ganó. Siendo 0 el primer tirador y 1 el segundo	1

Una vez calculado este campo ya no nos harían falta los campos de resultados por lo que se procedió al borrado de los mismos.

El siguiente cambio que haremos será normalizar la BBDD. Esto se hace para que los datos puedan ser comparados de una forma mas eficiente. Para ello transformamos aquellas variables de texto a numéricas, de este modo serán mas sencillos los cálculos estadísticos.

En nuestro caso tenemos la mano usada por el tirador y el arma usada por este. Para ello seguiremos la transformación mostrada en la tabla 4.14 y 4.15 para las equivalencias de mano y arma respectivamente. Esto se resume en cambiar la mano dominante diestra por un valor de 0 mientras que la zurda será sustituida por el valor 1. También cambiaremos las armas siendo el equivalente de espada el 2, 1 para florete y restando el 0 para sable.

El siguiente paso era eliminar aquellas columnas que no nos sirvan. Para ello primero quitaremos aquellas que puedan introducir mucho ruido y que son fáciles de detectar como por ejemplo el identificador del tirador, puesto que es su nombre. Este no tendrá ninguna relación con el resultado. Del mismo modo quitaremos las columnas de resultados de resultados

Tabla 4.14: Tabla equivalencias mano

Valor antiguo	Valor nuevo
Right	0
Left	1

Tabla 4.15: Tabla equivalencias arma

Valor antiguo	Valor nuevo
Sabre	0
Foil	1
Epee	2

de ambos tiradores puesto que ya tenemos la de victoria. Otro campo que está en la misma situación será el identificador de la competición.

Después de esto la estructura de la BBDD se puede ver en la tabla 4.16.

Tabla 4.16: Estructura BBDD final

Campo	Tipo	Descripción	Ejemplo
TABLEU	Integer	Tablón en el que se juega el asalto	32
C1_AGE	Integer	Edad del primer tirador	32
C1_RANKING	Integer	Ranking del primer tirador	10
C1_NATIONALITY	String	Nacionalidad del primer tirador	CZECH REPUBLIC
C1_HANDNESS	String	Mano dominante del primer tirador	Right
C1_WEAPON	String	Arma principal del primer tirador	Epee
C2_AGE	Integer	Edad del segundo tirador	32
C2_RANKING	Integer	Ranking del segundo tirador	10
C2_NATIONALITY	String	Nacionalidad del segundo tirador	CZECH REPUBLIC
C2_HANDNESS	String	Mano dominante del segundo tirador	Right
C2_WEAPON	String	Arma principal del segundo tirador	Epee
WINNER	Integer	Este campo nos indicará quien ganó. Siendo 0 el primer tirador y 1 el segundo	1

4.11.3 Extraer conocimiento de los datos

Una vez que tenemos la BBDD normalizada el siguiente paso será buscar relaciones entre los datos de modo que se pueda extraer conocimiento de estos mismos y de esa forma poder mejorar nuestro sistema. El objetivo inicial es el de obtener un pronóstico de quien ganará en un enfrentamiento directo. De este modo podremos completar nuestro sistema adaptando una táctica mas defensiva en función del resultado. No podremos ser agresivos o intentar movimientos que no tengamos afianzados ante un rival que es muy probable que nos gane. En este caso mencionado antes lo mejor será asegurar y llevarnos el asalto a nuestro terreno.

Como hemos mencionado antes el problema que tenemos antes es el de intentar pronosticar el vencedor ante un enfrentamiento entre dos tiradores. Eso denota a que los resultados serán ganador uno o ganador otro. Por ende nos enfrentamos ante un problema de clasificación binaria. Clasificación puesto que los resultados estarán en grupos y binario porque el número de posibles opciones son dos en este caso en concreto denotado por el objetivo final.

Además podremos aplicar técnicas de aprendizaje supervisado, dado que tenemos un conjunto de datos previamente etiquetados gracias a todo el trabajo realizado anteriormente. Añadir que podemos estar seguros de que el etiquetado es el correcto, puesto que la veracidad de estos datos es completa. Ante un problema de tales características los algoritmos más utilizados suelen ser arboles de decisión, clasificación de Naïve Bayes, regresión por mínimos cuadrados, regresión logística, Support Vector Machines (SVM) y métodos ensemble (conjuntos de clasificadores).

Para elegir alguno de estos podemos seguir la chuleta[SK] que nos proporciona scikit-learn la cuál se puede encontrar en la figura 4.15.

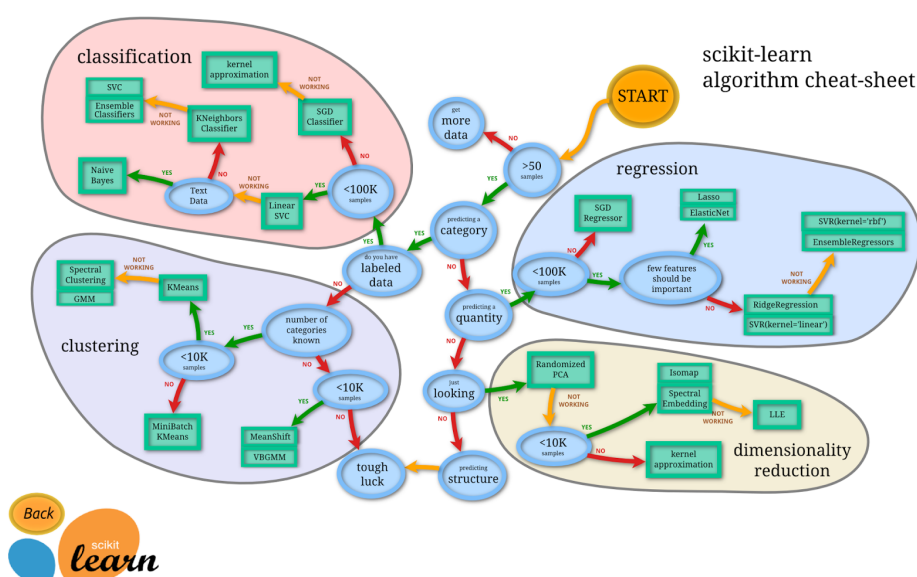


Figura 4.15: Esquema para la decisión de un algoritmo de ML

Siguiendo esta chuleta y siguiendo el flujo veremos que algoritmo nos recomienda. Para la primera pregunta la respuesta sería sí, dado que tenemos mas de 50 ejemplos. Como hemos visto antes intentamos predecir una categoría y además tenemos los datos etiquetados, las dos siguientes respuestas serán afirmativas. La siguiente pregunta es que si tenemos menos de 100.000 ejemplos y en este caso también será afirmativa. Nuestra BBDD se compone de 25.045 registros.

Para aplicar los algoritmos usaremos la librería scikit-learn dado que nos proporciona todas las herramientas que necesitaremos para aplicarlos.

El primer algoritmo que deberemos aplicar según la chuleta será linear SVC. En caso de que no funcione seguiremos con la chuleta.

Después de varias pruebas el mejor resultado obtenido fue de un 63.78 % de acierto. Es algo bajo por lo que nos disponemos a buscar alternativas. El código utilizado fue el siguiente:

```
LSVC = LinearSVC(dual=False, fit_intercept=False)

LSVC.fit(x1,y1)
y2_LR_model = LSVC.predict(x2)
print("LR Accuracy :", accuracy_score(y2, y2_LR_model))
```

El siguiente a probar será un clasificador por cercanía de vecinos o mas conocido como KNN.

Para ello lo primero será averiguar el número de vecinos óptimo. El plan que seguimos fue probar diferentes opciones y ver cual era la que nos daba una mayor precisión. El resultado que obtuvimos fue que el mejor valor era de 53 con una precisión del 0.6460194963444355 %. En la figura 4.16 se puede ver la gráfica comparativa.

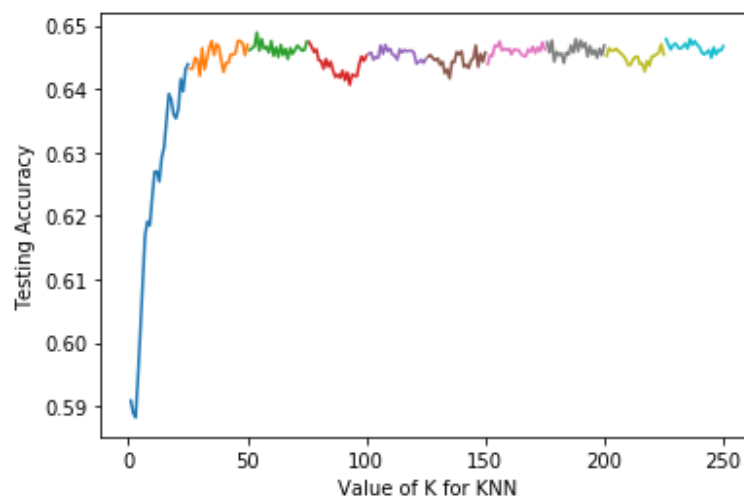


Figura 4.16: Gráfica obtención K

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

Este fue el código utilizado:

```
iterations = range(0, 10)
for i in iterations:
    k_range = range((i * 25) + 1, (i * 25) + 26)
    scores = []
    for k in k_range:
        knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=k, n_jobs=5)
        knn.fit(X_train, y_train)
        y_pred = knn.predict(X_test)
        scores.append(metrics.accuracy_score(y_test, y_pred))

    if max_score < max(scores):
        max_score = max(scores)
        max_k = scores.index(max(scores)) + (i * 25)

plt.plot(k_range, scores)

plt.xlabel('Value of K for KNN')
plt.ylabel('Testing Accuracy')
plt.show()
plt.close()
print ("max_score:")
print (max_score)
print ("max_k:")
print (max_k)
```

El siguiente parámetro a probar será el número de hijos que deberá tener cada hoja en la exploración. Para ello lanzaremos el siguiente código cuyo resultado se puede observar en la figura 4.17. El resultado que obtuvimos fue que el mejor valor estaba en 8. Este valor nos proporcionaba una precisión de 0.6436839967506093 %.

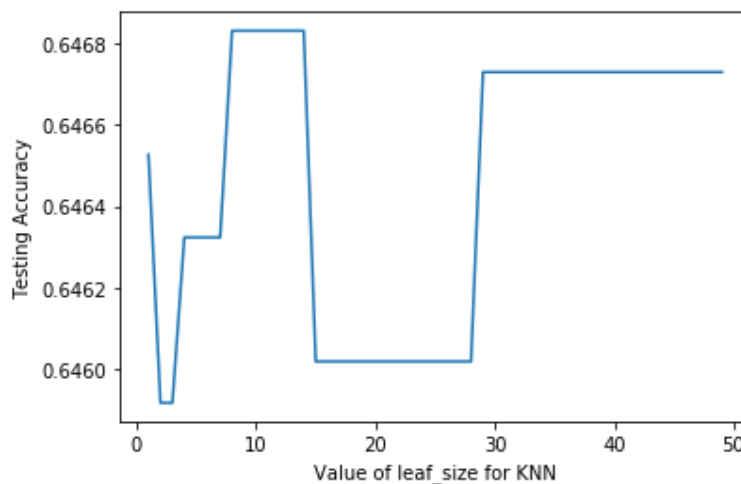


Figura 4.17: Gráfica obtención leaf size

El código utilizado fue el siguiente:

```
k_range = range(1, 60)
scores = []

max_score = 0
max_k = 0

for i in k_range:
    knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=53, n_jobs=5, leaf_size=i)
    knn.fit(X_train, y_train)
    y_pred = knn.predict(X_test)
    score = metrics.accuracy_score(y_test, y_pred)
    scores.append(score)
    if max_score < score:
        max_score = score
        max_k = i

plt.plot(k_range, scores)
plt.xlabel('Value of leaf_size for KNN')
plt.ylabel('Testing Accuracy')
plt.show()
plt.close()

print ("max leaf size")
print ("max_score:")
print (max_score)
print ("max_k:")
print (max_k)
```

La siguiente variable a probar sería el valor de P, el cuál representará el power. Repetiremos el mismo proceso para esta variable. El mejor resultado lo obtuvimos con el valor de 1 con un porcentaje de 0.6487611697806661 %. La gráfica se puede observar en la figura 4.18.

El código utilizado es el siguiente:

```
k_range = range(1, 100)
scores = []

max_score = 0
max_k = 0

for i in k_range:
    knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=53, n_jobs=5, leaf_size=30, p=i)
    knn.fit(X_train, y_train)
    y_pred = knn.predict(X_test)
    score = metrics.accuracy_score(y_test, y_pred)
    scores.append(score)
```

4. AYUDA INTELIGENTE A LA DECISIÓN EN EL DEPORTE DE ESGRIMA

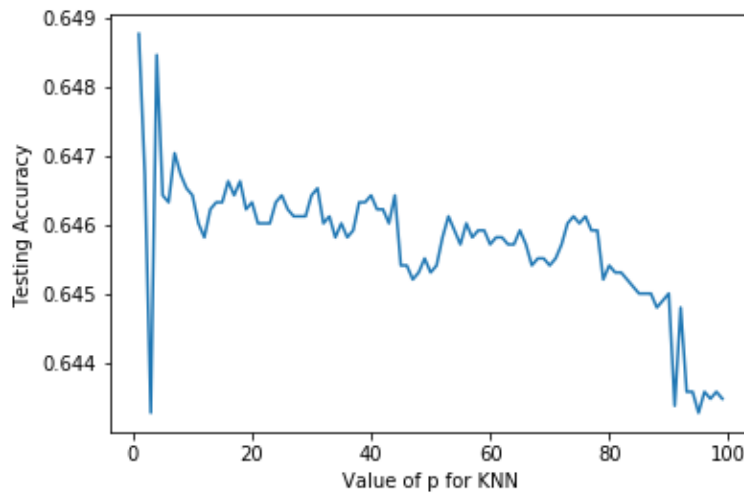


Figura 4.18: Gráfica obtención p

```
if max_score < score:
    max_score = score
    max_k = i

plt.plot(k_range, scores)
plt.xlabel('Value of p for KNN')
plt.ylabel('Testing Accuracy')
plt.show()
plt.close()

print ("max p value")
print ("max_score:")
print (max_score)
print ("max_k:")
print (max_k)
```

Finalmente el modelo tendrá una precisión de 0.6487611697806661 % el cuál es algo aceptable para los datos que tenemos. El modelo es el siguiente:

```
knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=53, n_jobs=5, leaf_size=29, p=1)

knn.fit(X_train, y_train)
y_pred = knn.predict(X_test)
print (metrics.accuracy_score(y_test, y_pred))
```

Puesto que se podría llegar a encontrar una solución mas óptima pero habría que probar por fuerza bruta preparamos un algoritmo que pruebe estas tres variables entre los rangos que vimos que podrían ser válidos. Estos rangos son de 1 a 2500 para número de vecinos, de 1 a 60 para el tamaño de hoja y de 1 a 20 para el valor de p.

Dicho algoritmo lo podemos encontrar en el anexo G.

Los resultados obtenidos se consiguieron después de mas de dos días de procesamiento. Para el valor de K se obtuvo que el valor de 56, siendo este el número de grupos. Por otro lado el tamaño máximo de hoja será de 29. Por último el valor de p será de 5. Con esto se consiguió una precisión de 0.652315190901706 %, consiguiendo una mejora de 0.05 puntos de precisión.

Esto mereció la pena debido a que teníamos bastante tiempo para lanzar el algoritmo. Puesto que los resultados ya se han obtenido y son mejores que los obtenidos con anterioridad nos quedaremos con ellos.

4.11.4 Usar conocimiento en aplicación

Con el modelo optimizado lo máximo posible y obtenido un resultado mas que aceptable para los datos que manejamos podremos incluirlo en nuestro sistema. Para ello aprovecharemos que el modelo nos proporciona el porcentaje de probabilidad de que gane cada uno, lo cual nos dará la oportunidad de poder crear reglas en función de las probabilidades. Para poder acceder a ello crearemos una API a la cual llamaremos cada vez que queramos realizar la consulta.

Esta API¹³ estará realizada en python con flask la cual solo tendrá una llamada que devolverá la probabilidad de que gane cada uno de los tiradores. En los parámetros de esta API estarán incluidas las características del asalto, es decir, características de cada tirador y tablón. De esta forma podremos llamar al modelo, que este haga la predicción y que nos devuelva el resultado.

El endpoint llamado con CURL¹⁴ será de la siguiente manera:

```
curl -X GET https://mftapi.herokuapp.com/predict/ -d "tableu=16&fencer1_age=26&fencer1_ranking=33&fencer1_handness=0&fencer1_weapon=1.0&fencer2_age=44&fencer2_ranking=99999999&fencer2_handness=0&fencer2_weapon=1.0"
```

Los parámetros con sus características se podrán consultar en la tabla 4.17.

¹³Aplicación que aglutina definiciones y protocolos que se utiliza para desarrollar e integrar software en otras aplicaciones.

¹⁴Comando de un sistema operativo para hacer peticiones.

Tabla 4.17: Parámetros petición predicción

Parámetro	Descripción	Tipo	Requerido	Valores admitidos	Ejemplo
tableu	Tablón encuentro	Integer	Si	{2, 4, 8, 16, 32, 64, ...}	2
fencer1_age	Edad tirador 1	Integer	Si	{1, inf}	26
fencer1_ranking	Ranking tirador 1	Integer	Si	{1, inf}	33
fencer1_handness	Mano tirador 1 (0 derecha, 1 izquierda)	Integer	Si	{[0, 1]}	0
fencer1_weapon	Arma tirador 1 (0 florete, 1 sable, 2 espada)	Integer	Si	{[0, 1, 2]}	1
fencer2_age	Edad tirador 2	Integer	Si	{1, inf}	44
fencer2_ranking	Ranking tirador 2	Integer	Si	{1, inf}	9999999999
fencer2_handness	Mano tirador 2 (0 derecha, 1 izquierda)	Integer	Si	{[0, 1]}	0
fencer2_weapon	Arma tirador 2 (0 florete, 1 sable, 2 espada)	Integer	Si	{[0, 1, 2]}	1

Para la implementación de dicha API se utilizó el lenguaje de programación Python 3.6.9 para aprovechar el código utilizado a la hora de entrenar el modelo anterior. Las librerías utilizadas para las peticiones fueron Flask junto a Gunicorn para darle una interfaz web.

Por otro lado el hosting utilizado volvió a ser Heroku dado que tiene un límite de cinco proyectos por cuenta de forma gratuita. Esto nos permite ahorrar costes en el proyecto. Además del endpoint mencionado anteriormente tendremos otro para que haga una llamada vacía la cual será la encargada de levantar el servidor, puesto que el programa gratuito apaga las máquinas a los treinta minutos de no recibir peticiones. Cuando accedan a la página, una vez por sesión hará la llamada asíncrona a dicho endpoint, de este modo la máquina de la API se irá levantando mientras el usuario navega por la web o rellena el formulario. De este modo bajaremos el tiempo de espera del usuario de treinta segundos aproximados que tarda la máquina en estar lista a esos treinta segundos menos el tiempo que tarde en rellenar el formulario, siendo este una media de 20 segundos. El mínimo de tiempo que estará el usua-

rio esperando será de tres segundos puesto que es lo que tarda el endpoint de predicción en llevar a cabo la petición.

El código del servidor se puede encontrar en el anexo H.

Para adaptar el proyecto a los requerimientos que tiene heroku fue necesario crear un fichero *requirements.txt* con las dependencias de librerías. El contenido de dicho documento se puede ver a continuación:

```
Click==7.0
Flask==1.1.1
Flask-API==1.1
gunicorn==20.0.0
itsdangerous==1.1.0
Jinja2==2.10.3
joblib==0.14.0
MarkupSafe==1.1.1
numpy==1.17.4
pandas==0.25.3
python-dateutil==2.8.1
pytz==2019.3
scikit-learn==0.21.3
scipy==1.3.2
six==1.13.0
sklearn==0.0
Werkzeug==0.16.0
```

Así mismo Heroku también necesita un fichero con el que indicar al servidor que comando utilizar para arrancar. Este comando se tiene que guardar en un fichero llamado *Procfile* cuyo contenido se puede ver a continuación:

```
web: gunicorn app:app
```

Una vez con todo este proceso hecho, se mantuvo una conversación con el experto. En dicha conversación se volvieron a destacar conceptos ya mencionados anteriormente como la confianza del tirador, tanto la de uno mismo como la del rival. También menciono cuanto había que arriesgar en función de la diferencia de nivel entre ambos tiradores. Pudiendo arriesgar más cuanto mas haya, siempre que esté a tu favor. En caso contrario se procurará ser lo mas conservador posible. Al ser conservadores el tirador irá cogiendo confianza con los tocados que mejor le salen y de esta forma podrá llevar el asalto a su terreno.

Esto nos llevó a ampliar las variables del sistema experto añadiendo un parámetro más: diferencia de nivel. Este parámetro será un número entre 0 y 100 representando porcentajes de probabilidad de que gane el primer tirador. La tabla objeto atributo valor de los nuevos atributos se puede ver en la tabla 4.18.

Tabla 4.18: Tabla objeto atributo y valor victoria

Objeto	Atributo	Valor
Tirador	Probabilidad victoria tirador 1	[0, 100] %

Esta variable será tomada en cuenta para el siguiente árbol que representará cuanto riesgo ha de tomar un esgrimista en la pista. Dicho árbol se puede ver en la figura 4.19.

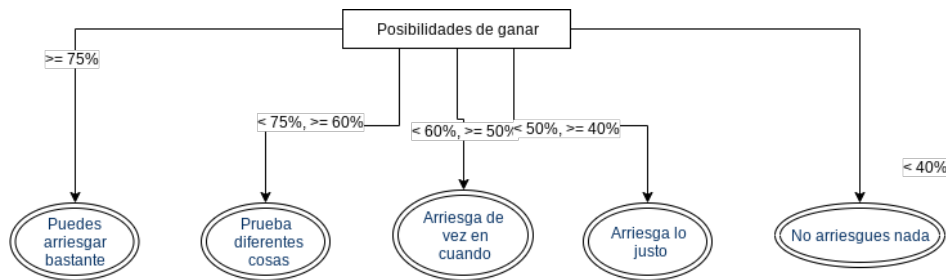


Figura 4.19: Mapa conocimiento arriesgar

La representación del mapa es que si la estadística juega totalmente a nuestro favor podremos arriesgar bastante, dado que en teoría podremos tomar las riendas del asalto en cualquier momento. Si se decantan hacia nuestro lado, pero no del todo nos podremos permitir arriesgar de vez en cuando, pero sin tomarnos demasiadas licencias, puesto que nos costará más remontar el asalto si se complica. En caso de que las cosas estén empatadas podremos probar de vez en cuando, pero siendo la mayor parte del tiempo conservadores. En caso de que se decanten un poco hacia su lado las cosas tendremos que arriesgar en las ocasiones más claras. Por último si se decantan hacia su lado no podremos arriesgar nada, puesto que lo normal es que cualquier error sea pagado muy caro.

Evaluación y resultados

Al finalizar el desarrollo se quiso evaluar la visión de los usuarios frente al sistema. Asimismo, también se pretendió evaluar como de efectivo era realmente dicho sistema, si de verdad daba resultados su uso o no. Para ello se pidió opinión a expertos en la materia para que indicaran referencias sobre el sistema, de una forma mas directa. También se hizo una encuesta de opinión general, rápida y sencilla de responder. Para comprobar su efectividad se hicieron diversas pruebas de campo. Todo esto está explicado a continuación.

5.1 Opiniones de los expertos

En este capítulo se hablará sobre la evaluación del sistema y los resultados que se obtuvieron. Para ello se hicieron diferentes pruebas. Recordar que los casos han sido validados mediante test y estudiados con el experto que nos ayudó a obtener conocimiento sobre el tema. La primera de ellas fue una evaluación con diferentes expertos en la materia. Dichos expertos son tanto maestros de salas de armas como tiradores de alta competición a nivel nacional. No todos dieron permiso para que su nombre saliera, por lo que se decidió mantener el anonimato de todos ellos para evitar posibles descartes y relaciones. A cada uno de ellos se les dio acceso a la herramienta para que pudieran probarla y dar feedback después sobre la misma.

A continuación se puede ver un resumen de las evaluaciones de los expertos consultados:

- **Experto 1:** Este experto es un tirador. Comenta que la idea es buena, el cuando ayuda a sus compañeros novatos le comenta el porqué de las cosas para que puedan comprenderlas. Es por esto que dice que es buena idea, pero que de momento de queda corta.
- **Experto 2:** Entrenador de alta edad. Comenta que él cuando comenzó apenas había documentación sobre el tema, ahora los jóvenes pueden buscar diferentes referencias donde encontrar información o incluso en las competiciones preguntar, pero que en sus tiempos nadie te decía nada si no eras de su club.
- **Experto 3:** Tirador de alta edad. Comenta que no es para nada útil. El no confía en una herramienta de este estilo, no por ser tecnológica, sino porque cree que no hay un

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

árbol táctico en esgrima. El piensa que cada situación es única y no se puede aplicar algo general.

- **Experto 4:** Entrenador medio. Su opinión respecto a la herramienta es que falta algo de desarrollo. Para gente que acaba de comenzar no servirá puesto que no lo explica. Es por esto que actualmente solo sirve para aquellas personas que no dominan los nervios en los asaltos y que le den ideas generales.
- **Experto 5:** Entrenador con mucha experiencia. Comenta que lo que mas destacaría de la aplicación es la parte de entrenamiento. Muchos deportistas en navidades, verano, vacaciones en general no saben que entrenar, o cuando quieren entrenar por su cuenta y muchos de sus alumnos le piden ejercicios. Dice que les pasará esta herramienta cuando haya sido ampliada la parte de entrenamiento.
- **Experto 6:** Tirador con 6 años de experiencia. Lo primero que dijo fue que el lo usará cuando tenga la mente en blanco. Pero también comenta que lo usaría más si este tuviera mayor profundidad.

5.2 Encuesta

Respecto a la encuesta se quiso diferenciar entre las tres siguientes variables

- Edad
- Frecuencia de uso de aplicaciones
- Años de experiencia en esgrima

El objetivo de esta diferenciación es intentar encontrar alguna variable por la que separar las respuestas y, de este modo, averiguar diferentes públicos objetivos de la aplicación.

Los participantes de la encuesta fue un total de 35 personas, cuyas características se pueden ver en la figura 5.1.

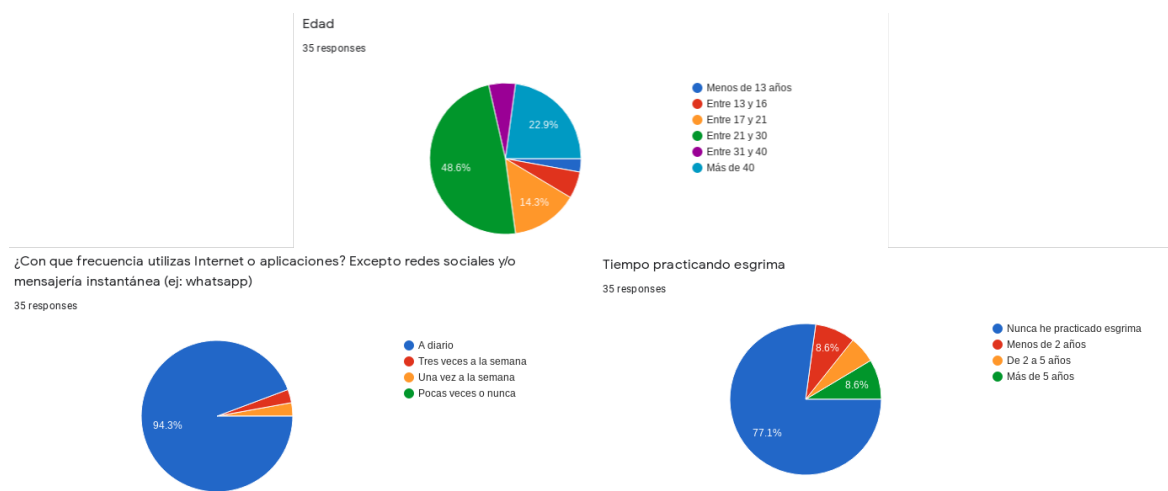


Figura 5.1: Características encuestados

Otra prueba de satisfacción que se llevo a cabo fue una encuesta realizada mediante un formulario anónimo. Las preguntas formuladas se hicieron con pretensión de conocer cómo de útil les resulto la herramienta, si la recomendarían y un campo libre para que puedan explicar mejor su opinión. También se pregunto acerca de los años que se llevaba practicando esgrima, para sacar mas información acerca del posible conocimiento y público que contestaba a esas preguntas.

Viendo los resultados de la encuesta, se puede descartar la variable de uso de Internet o aplicaciones. Por otro lado en cuanto a la variable de edad, podríamos discernir tres secciones: menores de 21, entre 21 y 30, más de 30. Respecto a la variable de años haciendo esgrima haremos la diferencia entre aquellos que nunca hayan practicado esgrima y los que hayan practicado esgrima alguna vez. Siendo esta última para la evaluación Sistemas de Escalas de Usabilidad.

5.2.1 Evaluación interfaz usuario

Para la evaluación de la interfaz de usuario preguntaremos sobre la claridad a la hora de introducir los parámetros en los formularios. También se pregunta sobre la ayuda necesaria para completar las preguntas de los formularios.

Percepción global

Los resultados de la percepción global global se pueden observar en la figura 5.2. Se puede apreciar como las medias son bastante altas por lo que en general, quizás destacando la ayuda necesaria. Recordemos que 1 es la mejor respuesta. Hay margen de mejora sobre todo en esto último mencionado. Habrá que reforzar las explicaciones y el feedback.

Percepción menores de 21 años

El número de encuestados en este rango fue de 7 personas.

Los resultados de la percepción en menores de 21 años se pueden observar en la figura 5.3. Este es el sector que peor ha puntuado el sistema. Habría que destacar la dificultad que tienen estos mismos para usar el sistema, necesitando ayuda externa.

Percepción entre 21 y 30 años

El número de encuestados en este rango fue de 17 personas. Al igual que en la general las respuestas son bastante buenas con medias altas. En este sector se puede destacar como necesitan menos ayuda para utilizar el sistema. Por otro lado, les parece menos clara la forma de utilizar el sistema de entrenamiento. Los resultados se pueden ver en la figura 5.4.

Percepción mayores de 30

El número de encuestados en este rango fue de 10 personas.

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

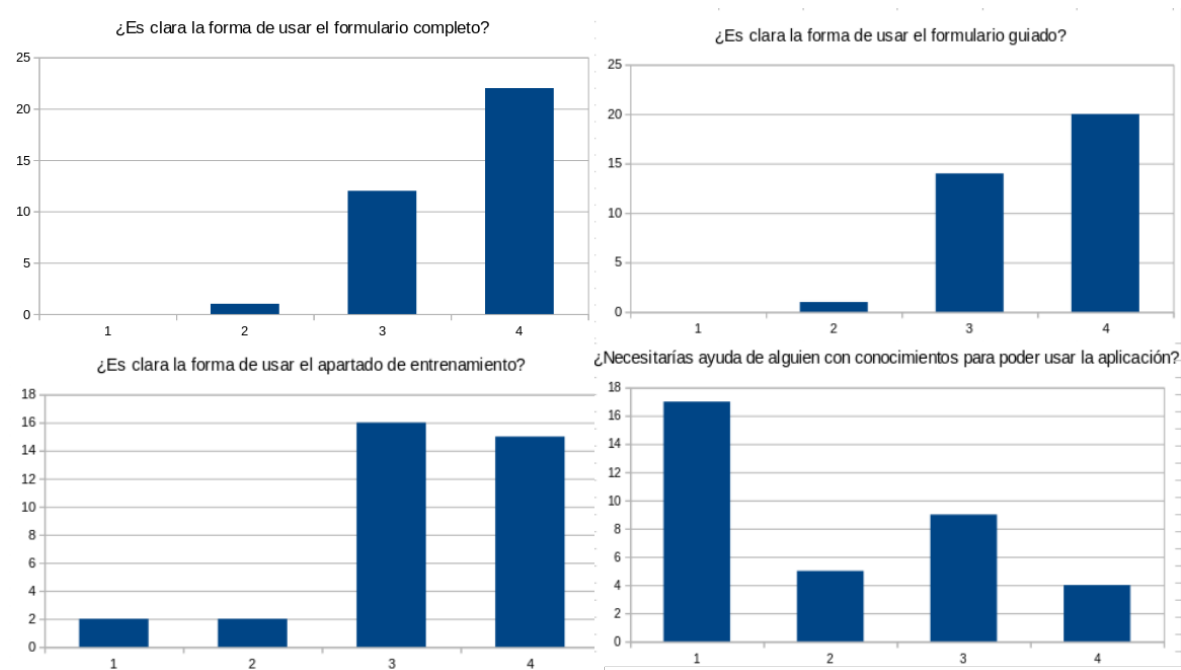


Figura 5.2: Percepción global de interfaz

Los resultados de la percepción en mayores de 30 años se pueden observar en la figura 5.5. Nuevamente los resultados nos dicen que la aplicación es fácil de usar por las puntuaciones, siendo estas altas como norma general. Habría que destacar, al igual que en el primer grupo segmentado han necesitado bastante ayuda para poder usar la aplicación.

Conclusión

A la vista de los resultados se puede observar como la interfaz de usuario cumple con las expectativas y es usable en su totalidad. A pesar de los buenos resultados es apreciable como faltan cosas por mejorar, sobre todo aquellas enfocadas a los mayores de 30 años y menores de 21. Habrá que hacer foco principalmente en ayudar a entender las preguntas y respuestas de los formularios. De esta forma conseguiremos que no haga falta ayuda para usar la aplicación, que fue esta la parte mas floja.

5.2.2 Evaluación SUS de la aplicación

El SUS[Sau11], es un proceso para la evaluación de éxito de usabilidad de un objeto, aplicación o sistema en general. Este proceso consiste en elaborar un cuestionario con 10 preguntas de 4 opciones de respuesta, de este modo se evitan valores intermedios, forzando al usuario a decantarse por un valor u otro y normalizando estos después. Este proceso está pensado para cuando no se ha podido conseguir un gran número de muestras, como es nuestro caso.

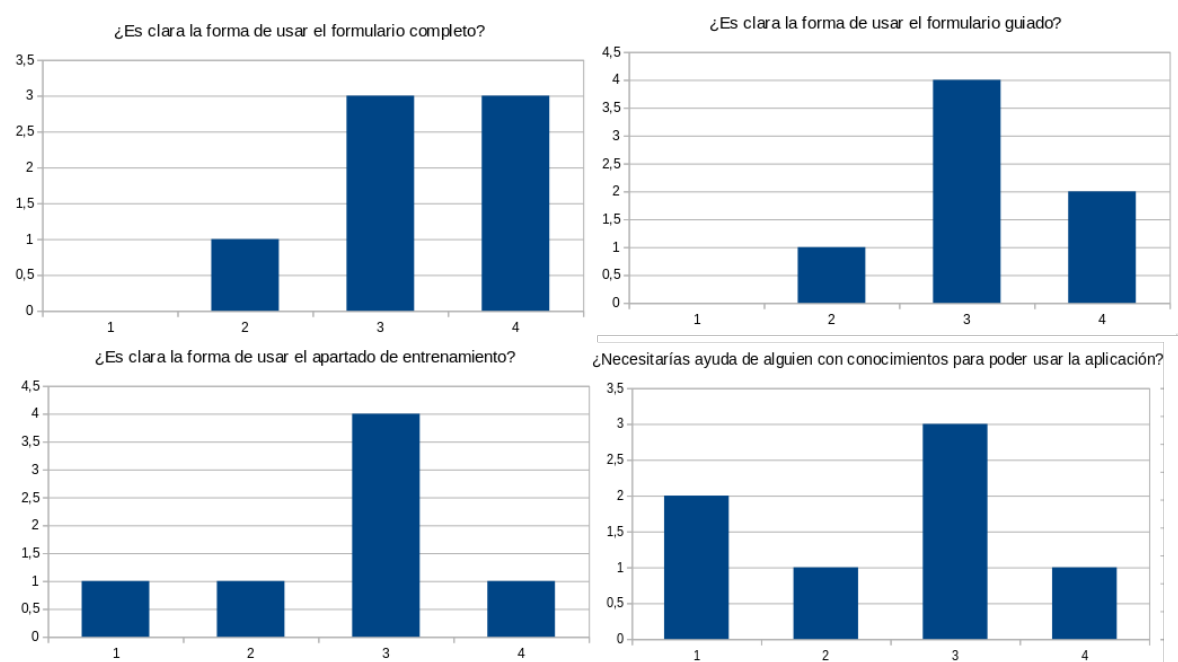


Figura 5.3: Percepción menores de 21 años de interfaz

Preguntas

A continuación se detallan las preguntas a realizar según la base. Estas han sido modificadas levemente para adaptarse a nuestra aplicación.

1. Creo que usaría este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] frecuentemente
2. Encuentro este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] innecesariamente complejo
3. Creo que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] fue fácil de usar
4. Creo que necesitaría ayuda de una persona con conocimientos técnicos para usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación]
5. Las funciones de este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] están bien integradas
6. Creo que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] es muy inconsistente
7. Imagino que la mayoría de la gente aprendería a usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] en forma muy rápida
8. Encuentro que el [sistema, objeto, dispositivo, aplicación] es muy difícil de usar
9. Me siento confiado al usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación]
10. Necesité aprender muchas cosas antes de ser capaz de usar este [sistema, objeto, dispositivo, aplicación]

Medición de resultados

Para la medición de resultados se deberá seguir el siguiente preproceso:

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

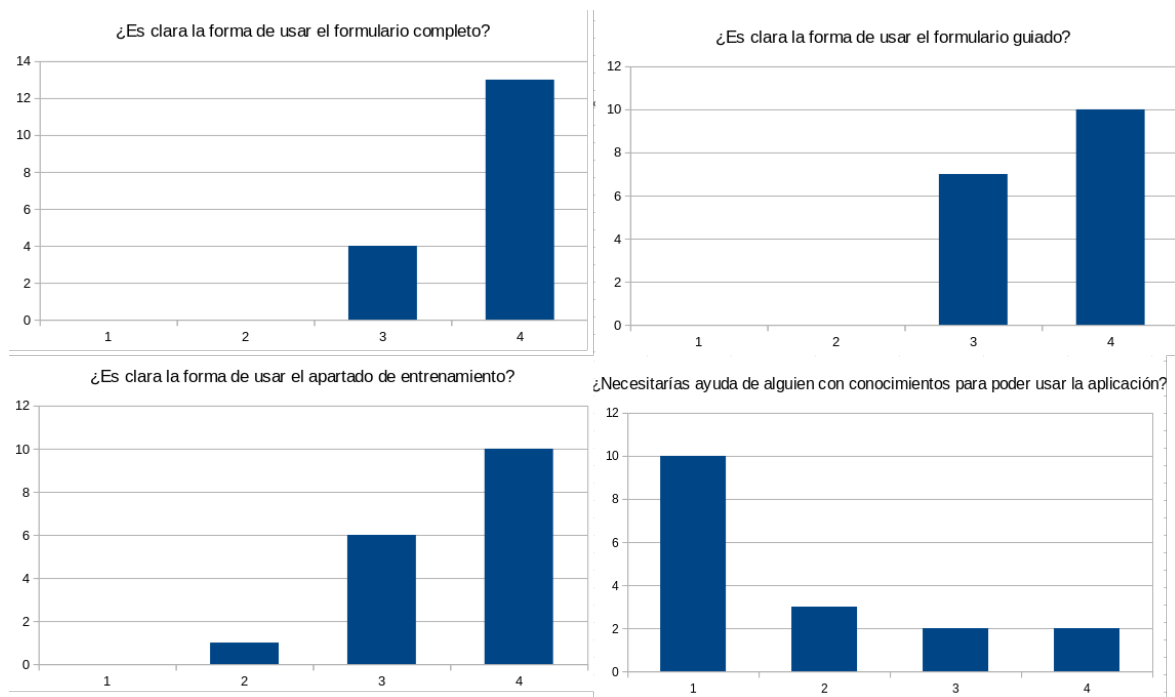


Figura 5.4: Percepción entre 21 y 30 años de interfaz

- Invertir las puntuaciones de las preguntas número 10 y 12.
- Multiplicar estas puntuaciones por 2,5

Una vez hecho el pre-proceso de los datos podremos ver si está por encima de la media. Para saber si estamos por encima bastará con que el resultado supere los 68 puntos.

Puntuación global

La puntuación fue de 79,75. Esto denota que está muy por encima de la media por lo que podremos decir que el sistema supera con creces la prueba. A pesar de esto el resultado denota el amplio margen de mejora.

Puntuación menores 21 años

La puntuación obtenida fue de 78. Siendo el segundo público que usará la aplicación el resultado, a pesar de ser mejorable, es bueno.

Puntuación entre 21 y 30 años

La puntuación obtenida fue de 84,2. Público principal por edad y en el que mayor puntuación se obtuvo superando con creces la media. Siempre es posible mejorar ciertas partes, pero este no será el foco de mejoras.

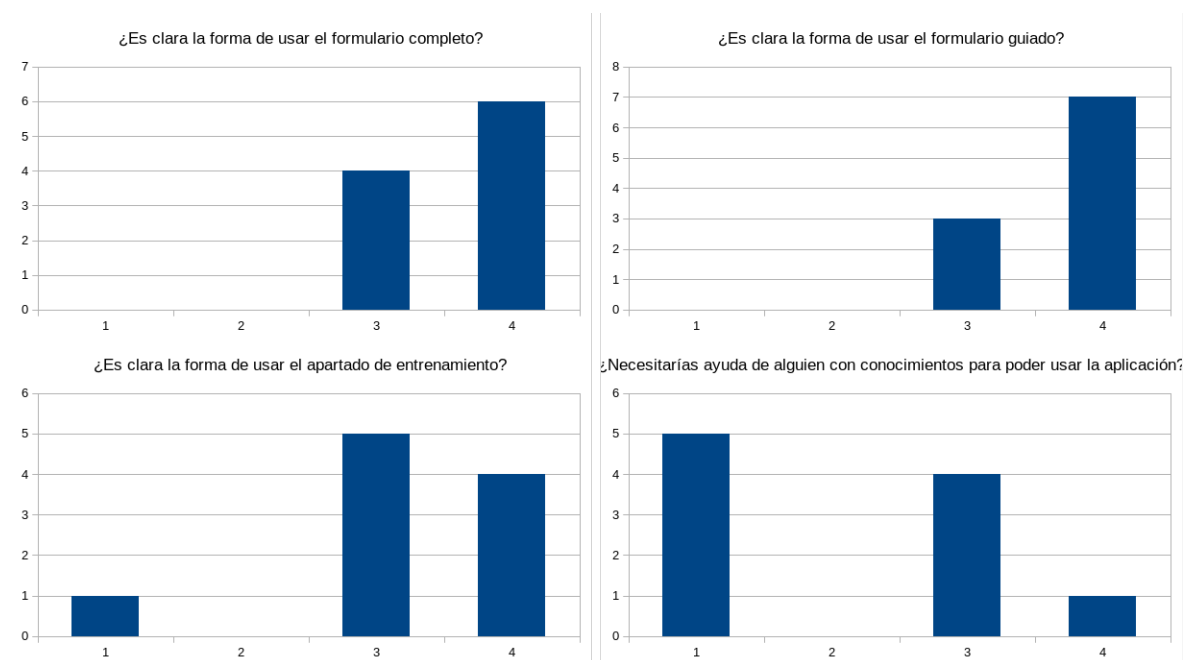


Figura 5.5: Percepción mayores de 30 años de interfaz

Puntuación mayores 30 años

La puntuación obtenida fue de 74. Público donde peor puntuación se obtuvo. Lo ideal sería repetir dicha encuesta haciendo modificaciones para intentar identificar las causas de estas.

Puntuación sin experiencia en esgrima

La puntuación obtenida fue de 79. Mayor parte de los usuarios. Según comentarios habría que mejorar el feedback que da la aplicación además de hacer un diseño mas atractivo de la misma

Puntuación con experiencia en esgrima

La puntuación obtenida fue de 82. Buena puntuación para aquellos que tienen conocimiento sobre el tema. Nada que añadir.

5.3 Pruebas de campo

También se utilizó en un entorno cercano. Durante la competición del día 30 de Noviembre se llevó a cabo el primer ranking de la temporada 2019-2020 de menores de la federación de Castilla-La Mancha. En dicha competición se facilitó el acceso a la herramienta a María Rosa Maestre, tiradora del club Espadas de Calatrava. En su fase de grupos tenía un varios enfrentamientos complicados que en anteriores ocasiones le costo resolver, obteniendo una derrota como resultado en la mayoría de ellos. En el día del torneo usando la herramienta consiguió sorprender a las tiradoras rivales con nuevas tácticas que antes no había llevado a

5. EVALUACIÓN Y RESULTADOS

cabo. Al hablar con ella se veía mas confianza por lo que este también pudo ser un factor que le llevara a la victoria. El resultado final para la tiradora fue de un gran tercer puesto, perdiendo en semifinales en un asalto duro físicamente cuyo ritmo no pudo seguir. Eligió bien las acciones pero la diferencia vino marcado por el físico de ambas tiradoras. A destacar que fue quien acabó ganando la competición, esto indica que fue una gran rival contra quien cayó.

5.4 Actualización de la planificación del proyecto

Después de realizar el desarrollo del proyecto no se pudo completar con éxito la planificación del mismo. Debido a los problemas encontrados en la iteración 5 vimos como se tuvo que añadir una semana de desarrollo al proyecto, con los sobre costes que ello supuso. En la figura 5.6 se puede observar cuales fueron los tiempos de desarrollo finales.

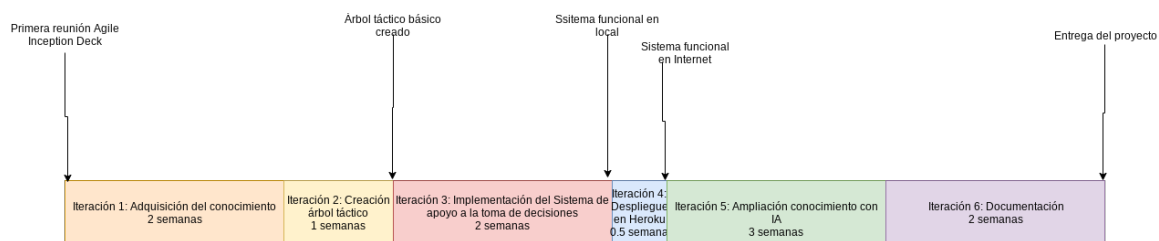


Figura 5.6: Características encuestados

Por suerte, el tiempo extra solo implicó al desarrollador, por lo que no fue el peor de los casos en cuanto a presupuesto se refiere. Finalmente el coste del proyecto se puede ver en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Costes actualizados del proyecto

Concepto	Desglose	Horas	Coste
Personal	Autor del proyecto	340h	5440€
	Experto	44h	1320€
Infraestructura	Heroku proyect	-	0€
Total	6760€		

Capítulo 6

Conclusiones

Después de llevar a cabo este proyecto se ha conseguido desarrollar un prototipo de herramienta, la cual será capaz de ayudar a los practicantes de esgrima en sus competiciones y entrenamientos. Se aunó en una plataforma conocimiento extraído de expertos de forma que se pueda consultar en cualquier momento y desde cualquier lugar con conexión a Internet. Esto fue un gran avance dado que no todo el mundo dispone de una persona a quien consultar, y quien dispone de ella puede ser que dicha persona no disponga de grandes conocimientos. Además se sentó la base para desarrollar un sistema de entrenamiento. Dicho sistema actualmente ayuda a los deportistas a mejorar sus entrenamientos de asaltos, pero en un futuro este será más completo. Este podrá ayudar a sus entrenamientos físicos, de técnica y de movilidad (desplazamientos) en esgrima.

En el transcurso de este TFG se han presentado diferentes imprevistos. Estos fueron resueltos, con mayor o menor complejidad y esfuerzo, en su mayoría de una manera satisfactoria. Destacando la obtención de datos para el sistema de predicción. Mas adelante se habla sobre los objetivos planteados inicialmente y las adversidades principales que se resolvieron.

Queda claro que aún queda mucho trabajo por delante para que esta herramienta deje de ser un prototipo y pase a ser una herramienta totalmente terminada, pero los avances conseguidos son muy considerables. De esto también se habla mas adelante en la sección de trabajo futuro, donde se detallan los siguientes retos que se deberán afrontar para que se convierta en una herramienta completa para todos los practicantes de esgrima.

Es por todo esto que se puede dar como más que satisfactorio el desarrollo de este TFG.

6.1 Competencias

En la tabla 6.1 se listan las competencias alcanzadas específicas de la intensificación (computación) junto a su justificación.

Tabla 6.1: Competencias adquiridas

Competencia	Justificación
Capacidad para conocer y desarrollar técnicas de aprendizaje computacional y diseñar e implementar aplicaciones y sistemas que las utilicen, incluyendo las dedicadas a extracción automática de información y conocimiento a partir de grandes volúmenes de datos.	Durante el desarrollo de este TFG se ha generado una base de datos de la cual se ha extraído un modelo de aprendizaje automático con el que poder reforzar el entrenador.
Capacidad para desarrollar y evaluar sistemas interactivos y de presentación de información compleja y su aplicación a la resolución de problemas de diseño de interacción persona computadora.	Se ha generado un aplicación mediante la cual un usuario puede interaccionar con ella para obtener respuestas a sus preguntas.
Capacidad para adquirir, obtener, formalizar y representar el conocimiento humano en una forma computable para la resolución de problemas mediante un sistema informático en cualquier ámbito de aplicación, particularmente los relacionados con aspectos de computación, percepción y actuación en ambientes entornos inteligentes.	Se ha formalizado conocimiento técnico y experiencia de un experto en la materia de esgrima y se ha plasmado en un programa como consecuente hemos obtenido un conjunto de reglas de las cuales mediante unas entradas se puede obtener una salida.
Capacidad para evaluar la complejidad computacional de un problema, conocer estrategias algorítmicas que puedan conducir a su resolución y recomendar, desarrollar e implementar aquella que garantice el mejor rendimiento de acuerdo con los requisitos establecidos.	Se han estudiado las complejidades de los algoritmos utilizados de modo que se halló la solución mas óptima para cada caso.

6.2 Objetivos alcanzados

El objetivo por el que se llevó a cabo este proyecto fue desarrollar un sistema el cual sea capaz de ayudar a aquellas personas que se iniciaran en mundo de la esgrima. Cuando empiezas es difícil comprender que está pasando y en tus primeras competiciones sin nadie que te guíe en cada asalto, hace que la curva de aprendizaje e introducción al deporte sea demasiada inclinada. Desde el inicio se descartó desarrollar el sistema completo puesto que

este sería muy complejo y llevaría mas tiempo del disponible para realizar este proyecto, por eso se decidió desarrollar un prototipo del sistema el cual cubra el arma mas utilizada. A continuación se muestra el resumen de los objetivos planteados desde el inicio y cuanto han sido satisfechos:

- **Adquisición conocimiento:** El desarrollo de esta etapa no fue muy complicada puesto que se partía con una base teórica lo cuál facilitó el cumplimiento de este objetivo. También se contaba con una buena relación y disposición del experto, siendo este un factor fundamental para el éxito de este objetivo, facilitando este una gran disposición y apoyo en el proyecto desde el principio del proyecto. A destacar que no se captó todo el conocimiento necesario para desarrollar el árbol táctico completo de espada.
- **Creación árbol táctico:** La creación del árbol táctico fue todo un éxito gracias a la gran disposición por parte del experto, consolidando el conocimiento adquirido anteriormente. Además aportó ideas que no fueron recogidas con anterioridad. Al final quedó muy claro y completo de acuerdo al marco con el que se trabajaba, siendo conscientes del tiempo disponible. En definitiva, se abordó todo el conocimiento adquirido durante el anterior objetivo y es por esto que se puede decir que fue todo un éxito.
- **Implantación sistema de apoyo a la toma de decisiones:** El desarrollo de este objetivo fue quizás el mas sencillo de todos por el perfil del desarrollador del proyecto. Desde el inicio se tenía claro que era un prototipo, por tanto no requería de grandes diseños y los bocetos fueron de gran importancia para tener una idea inicial de que se quería hacer. Esto facilitó el desarrollo de la implantación del sistema. Por otro lado la buena definición de requisitos también ayudo a tener una idea global de que se quería hacer, asimismo como una idea de que se quería hacer en cada paso. Por otro lado, el prototipo es bastante mejorable en algunos aspectos que se mencionan mas adelante y es por esto que no podemos decir que se haya cumplido por completo con este objetivo.
- **Accesible desde cualquier parte:** Este objetivo fue cumplido en su mayoría, puesto que se hizo un despliegue con Heroku para que sea accesible en cualquier sitio con Internet, el cual será la mayoría de los casos, pero se han dejado algunos casos como cuando no dispongamos de una conexión a Internet. También el uso desde otro dispositivo que no sea un ordenador de escritorio.
- **Ampliación con IA:** Este fue, con diferencia, el apartado mas costoso del proyecto. Desde la búsqueda de una BBDD que al final se tuvo que generar scrapeando los datos. Primero por rehacer el código varias veces debido a la remodelación de la página durante el desarrollo del mismo. Después la poca información disponible hizo que los datos no fueran suficientes para poder obtener conocimiento de estos, por lo que hubo que pasar de nuevo por el proceso de búsqueda y obtención de mas datos para que el conjunto de todos fueran relevantes. Durante este proceso hubo una nueva remodela-

6. CONCLUSIONES

ción, por lo que prácticamente hubo que empezar de cero. Después hubo que exprimir al máximo para poder obtener unos resultados válidos y aún así no fueron perfectos. Se puede estar satisfecho con el resultado obtenido y la base que se partía, pero estos están lejos de ser perfectamente válidos. Es por todo esto que se puede decir que se ha cumplido parcialmente este objetivo.

Con todo lo mencionado anteriormente y viendo los resultados del proyecto se podría decir que ha sido un éxito, pero no por completo. Se han alcanzado todos los objetivos propuestos, pero el resultado de estos han sido mejorables.

6.3 Trabajo futuro

Como se indicó al comienzo de este documento este sistema no es más que un prototipo. Es por esto que es muy susceptible a mejoras debido a que no está completado. En este apartado hablaremos de las debilidades que presenta actualmente el sistema. Después hablaremos sobre las principales mejoras que se podrían hacer a este para subsanar dichas flaquezas, además de otras para ampliar y mejorar el sistema. Este proyecto estará en continua evolución debido a que el conocimiento y las tácticas variarán con los años como se ha podido ver en la historia desarrollando diferentes estilos en la esgrima. También se crearán nuevos equipos como los puños, lo cual hará que haya que adaptarse a ellos. Asimismo las reglas van cambiando como este año cambió la pasividad, lo cual hace que haya que cambiar ciertas partes de la estrategia, permitiendo hacer cosas nuevas o evitando que se hagan otras.

6.3.1 Carencias

1. **Limitación armas:** La primera carencia que nos encontramos es la limitación en cuanto a las armas de este deporte. Solamente contamos con una de las tres existentes. A pesar de hacer el sistema para la mas popular, no se ofrece ayuda a todo el público posible, por lo que se deberá trabajar en ampliar para poder cubrir las tres armas.
2. **Tiempos carga:** A pesar de desarrollar dos modos para facilitar y agilizar los tiempos para cuando necesitemos una respuesta mas rápida (recordemos que los descansos entre asaltos son de un minuto) para la versión completa necesitamos, en el mejor de los casos, mínimo entre tres y cuatro segundos para que se calcule el resultado. Esto es debido a que la llamada la API tarda ese tiempo en calcular la predicción. Esto puede ser un problema para usuarios con poca paciencia. Otro de los problemas relacionados con los tiempos es el primer acceso a la aplicación. El plan gratuito de Heroku apaga los servidores al no recibir peticiones en treinta minutos, lo cual hace que se tengan que levantar de nuevo en el primer acceso, tardando estos unos 25 segundos.
3. **Experiencia usuario web:** La aplicación web ha sido desarrollada en poco tiempo debido al límite de horas dispuestas para este TFG. Otro factor a tener en cuenta es que el desarrollador de la aplicación no es experto en desarrollar interfaces. Por los

motivos expuestos anteriormente el usuario final puede no tener la mejor experiencia y actualmente es bastante mejorable, desde los formularios haciendo que estos sean mas intuitivos, rápidos y explicativos por si mismos. No solo los formularios deberán ser repasados y mejorados, también la forma en la que se dan los resultados, los colores, la distribución del menú, etc.

4. **Limitación web:** Solo se ha desarrollado una aplicación web y no fue adaptada para móvil por falta de tiempo. Uno de los usos de la aplicación es en competición, por lo que no podrás estar con un ordenador portátil con conexión a internet. Es por esto que no se verá del todo bien desde el navegador del móvil y no se cubren los casos en los que no tengamos Internet, como cuando viajemos al extranjero y no contemos con una tarifa para poder navegar por Internet.
5. **Predicción:** El sistema de predicción terminó con un porcentaje aproximado de 65 % de acierto, es por esto que se deberá tener en cuenta debido a que es mejor que tirar una moneda al aire, pero su fiabilidad no esta cerca de ser totalmente fiable.
6. **Internacionalización:** La aplicación actualmente solo está disponible en dos idiomas, cierto es que de los mas comunes y utilizados no se llega a todos los tiradores de todos los países. Faltan idiomas en los que la esgrima esta muy presente como húngaro, francés e italiano.

A continuación se hablará sobre las mejoras que se podrán hacer en cada apartado del sistema, dando una primera aproximación sobre la solución a tener en cuenta y, en caso de que corresponda, que problema subsana.

6.3.2 Sistema experto

- **Lógica difusa:** Añadiendo lógica difusa al sistema experto hará que las reglas, junto a los resultados, sean bastante mas precisos. Esto hará que el usuario final tenga mas claro como de certera es una acción.
- **Ampliar reglas:** Se han dejado numerosos movimientos, técnicas y tácticas fuera del sistema experto, es por esto que habrá que seguir trabajando con el experto, buscando nuevos a ser posible para tener diferentes puntos de vista, para cubrir todo el árbol táctico de espada. Para ello se deberá seguir trabajando igual que se hizo anteriormente, con sistema de entrevistas, analizando los resultados anteriores y confirmando el conocimiento adquirido con el experto. Después se traspasará dicho conocimiento al sistema experto. Otro punto a tener en cuenta es que actualmente solo se está presentando el caso inicial de un asalto. Un horizonte nuevo a explorar en el desarrollo del sistema sería introducir las acciones y/o tácticas ya realizadas con el resultado que obtuvieron y que el sistema sea capaz de re-calcular los resultados en función de estos datos introducidos.

6.3.3 API predicción

- **Mejorar fiabilidad predicción:** El sistema de predicción no obtuvo un porcentaje de fiabilidad muy alto, es por esto por lo que se deberá trabajar en mejorarla. Para ello el primer paso será ampliar la BBDD. Lo primero y mas sencillo será obtener mas registros. Esto es fácil de realizar puesto que la base de obtención de datos ya está hecha, solo habría que renovar el código puesto que es posible que la página haya cambiado y ya no sirva, pero se juega con la carta de que hay varias competiciones al mes entre las diferentes categorías. Es por esto que será fácil ampliarla. Otro objetivo a conseguir será ampliar las columnas de cada registro. Se puede intentar conseguir mas características de los tiradores como la altura de estos, categoría (no es lo mismo que se enfrenten dos de la misma, que un junior y un senior, aunque esto se subsana en parte con la edad), ranking obtenido en poules puesto que esto marca como estaba el tirador en ese día, etc. Con todo esto podremos mejorar el modelo de entrenamiento y con esto aumentaremos la fiabilidad del sistema.
- **Mejorar tiempos API calcular predicción:** Actualmente la API tarda entre tres y cuatro segundos (suponiendo que la máquina esté levantada y a pleno funcionamiento) lo cual hace que no podamos incluir esto en toda la parte de la aplicación. El método que corresponde con la llamada en la API junta el entrenamiento del modelo junto al cálculo de predicción en la llamada. Lo que mas tarda con diferencia, llegando a ser del 95 % del tiempo es el entrenamiento del modelo. Es por esto que si se separara el entrenamiento del modelo, que con hacerse una vez debería ser suficiente, del cálculo de predicción se debería ahorrar mucho tiempo en la llamada de predicción. El resultado de este cambio debería ser dejar la respuesta de dicho endpoint prácticamente inmediata

6.3.4 Aplicación web

- **Mejorar UX web:** Para reducir los tiempos que tarda el usuario y mejorar la comprensión de estos se deberá rehacer los formularios o mejorar ciertos aspectos como los seleccionables siendo estos mas específicos. También se deberá añadir una ayuda rápida y explicativa de que es cada campo y para que sirve. Por otro lado habrá que revisar la distribución de los botones para ahorrar tiempo y que sean mas fáciles de encontrar cada sección.
- **Mejorar mensajes feedback resultados:** Los resultados son poco explicativos debido a que solo te indican si debes realizar una acción o no. Esto es útil para aquellos usuarios que tengan cierta experiencia y puedan discernir que es dicha acción. En un futuro se deberá ampliar estos mensajes, indicando que es dicha acción o táctica y porque se ha tomado dicha decisión.
- **Sección FAQ:** Prácticamente toda web con este formato tiene un apartado de pregun-

tas frecuentes el cuál no ha sido desarrollado por falta de tiempo. Incluir este apartado puede ayudar positivamente a aquellos usuarios que tengan ciertas dudas sobre el sistema o incluso con el mundo de la esgrima.

- **Foro:** Incluir un foro puede ser muy enriquecedor para la aplicación debido a que los usuarios pueden compartir diferentes opiniones sobre los resultados y ayudarse entre ellos. Esto abre la posibilidad a generar una comunidad alrededor de la aplicación, haciendo de esta un factor mas a tener en cuenta en el mundo de la esgrima.
- **Usuarios:** Añadiendo usuarios se podrá habilitar y mejorar la posibilidad del foro mencionada anteriormente. También abre otras tantas puertas como la gestión de perfiles de usuario guardando el idioma por defecto, sin tener que cambiarlo cada vez que acceda a la aplicación. También se podrán guardar perfiles de tiradores, pudiendo hacer las consultas al sistema cargando dichos tiradores en vez introducir sus características, agilizando de este modo el proceso. Asimismo se podrá guardar el historial de las consultas realizadas, ahorrando consultas, evitando cargas extra al sistema y ahorrando tiempo al usuario.
- **Adaptación responsive:** La aplicación solo fue desarrollada pensando en el uso desde el ordenador de escritorio. Es por esto que se deberá seguir trabajando en la adaptación a diferentes dispositivos como los móviles, tablets, etc. También se deberá facilitar el uso para personas con cierta discapacidad visual, adaptando la web a dicha para que el uso de esta para dichas personas sea lo mas cómodo posible.
- **Mejora SEO:** Dedicando recursos al SEO conseguiremos que la aplicación web sea mas fácil de encontrar para los usuarios, haciendo que sea mas conocida la página y por tanto mas utilizada.

6.3.5 General

- **Sistema experto para entrenamiento:** Durante el proceso de desarrollo de la aplicación y tras recibir feedback de los usuarios que la utilizaron en las pruebas se llego a la conclusión de que un apartado de entrenamiento aportaría mucho a la aplicación. Es obvio que esto es algo totalmente diferente al sistema de apoyo a la toma de decisión, pero si se complementan debido a que esta parte puede ayudar mucho a los clubes pequeños a perfeccionar y ampliar sus entrenamientos. Se hizo un primer desarrollo indicando acciones de manera aleatoria para trabajar durante los asaltos de entrenamiento. Pero el objetivo principal de esto es desarrollar un sistema experto el cuál nos indique un entrenamiento a realizar en función de nuestras fortalezas y debilidades, nuestras características como tiradores (altura, puño utilizado, estilo de esgrima, acciones conocidas, etc), tiempo disponible y forma física de la que se parte.
- **Cambiar a plan pago para mejorar tiempos:** Una de las limitaciones impuestas por el plan gratuito de Heroku son los tiempos de inicio de los servidores siendo estos de

6. CONCLUSIONES

unos 25-30 segundos. Ampliando el plan a uno de pago, siendo este de 7 dolares al mes, evitaremos que se apaguen los servidores. También podremos comprar un dominio par que el acceso a este dando una mejor imagen de la página. Para esto se podrá buscar algún tipo de financiación como la publicidad dentro de la aplicación o algún tipo de subvención de las diferentes federaciones, tanto regionales como la española, incluso llegando a presentar a la internacional el proyecto.

- **Añadir sección florete y sable:** Como se menciona antes el sistema solo está pensado para espada, faltando florete y sable. Añadiendo estas dos armas conseguiremos cubrir todo el público. Para ello deberemos seguir todo el proceso llevado a cabo con la espada, desarrollando un sistema experto basado en conocimiento, extrayendo este de un experto en la materia.
- **Crear aplicación móvil offline:** Uno de los problemas que se mencionó antes fue la falta de acceso a la aplicación cuando no se tiene acceso a Internet, además de la dificultad de uso desde el móvil. Por estas razones se deberá desarrollar una aplicación móvil, tanto android como IOs. Del mismo modo también será conveniente desarrollar una aplicación de escritorio para aquellos usuarios que utilicen un PC en sus lugares de entrenamiento

Referencias

- [Agr19] Abel Lorenzo Agras. Tiempo de descanso en fútbol, 2019. Visitado Diciembre 2019. url: <https://mundoentrenamiento.com/tiempo-de-descanso-en-futbol/>.
- [Che00] Elaine Cherris. *Manual de esgrima*. Tutor, 2000.
- [Esg18] Federación Madrileña Esgrima. Normativa FIE Organización Diciembre 2018, 2018. Visitado Diciembre 2019. url: <http://www.fmesgrima.es/Documentos/Reglamento.FIE.ORG.pdf>.
- [Esg19] Federación Madrileña Esgrima. Normativa FIE Técnica Septiembre 2019, 2019. Visitado Diciembre 2019. url: <http://www.fmesgrima.es/Documentos/Reglamento.FIE.TEC.pdf>.
- [HL12] Mounir Ben Ayed Adel M. Alimi Hela Ltifi, Ghada Trabelsi. Application to fight against the Nosocomial Infections. (*IJARAI*) *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 1(1):22–29, 2012.
- [NR06] Vladimir Plestina Nenand Rogulj, Vladan Papić. Development of the Expert System for Sport Talents Detection. En *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Automation & Information*, páginas 7–10, Cavtat, Croatia, 2006.
- [Ras10] Jonathan Rasmusson. The Agile Inception Deck, 2010. Visitado Diciembre 2019. url: <https://agilewarrior.wordpress.com/2010/11/06/the-agile-inception-deck/>.
- [Sau11] Jeff Sauro. Measuring usability with the System Usability Scale (SUS), 2011. Visitado Diciembre 2019. url: <https://measuringu.com/sus/>.
- [SK] Sci-Kit. Sci-Kit Cheat sheet. Visitado Diciembre 2019. url: https://scikit-learn.org/stable/tutorial/machine_learning_map/index.html.
- [Wel13] Don Wells. Extreme Programming: A gentle introduction, 2013. Visitado Diciembre 2019. url: <http://www.extremeprogramming.org/>.

- [ZW09] Ai'min Wei Xue Cui Zhen'gang Wei, Feilong Liu. Fencing Training Decision Support System Based on Bayesian Network. Wuhan, China, 2009. IEEE. url: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5364552>.

ANEXOS

Anexo A

Entrevistas

Esta es la plantilla para las entrevistas que se realizarán.

Fecha:

Hora:

Lugar:

Asistentes:

Conocimiento anterior a la entrevista: Síntesis del conocimiento obtenido de las entrevistas anteriores.

Objetivos de la entrevista: El objetivo que se pretende alcanzar con la entrevista.

Fuentes de conocimiento: Personas de las cuales se obtiene el conocimiento o lo que es lo mismo, las personas que van a ser entrevistadas.

Modo: Entrevista estructurada o parcialmente estructurada. Para identificación de dichos errores.

Planteamiento de la sesión: En este apartado se muestran las preguntas que se desean realizar para obtener el conocimiento.

Resultado de la sesión: Aquí se transcriben las respuestas obtenidas a las preguntas del planteamiento de la sesión.

Plan de análisis: Pasos a realizar para analizar.

Resultado del análisis: Resultado final de la entrevista.

A continuación se muestran algunas entrevistas realizadas a partir del formato anterior.

A.1 Entrevista 1

Fecha: Jueves 20 de Abril de 2017.

Hora: 19:40

Lugar: Sala de armas Espada de Calatrava

Asistentes:

- Juan Lomas Rayego (Experto).
- Gregorio B. Patiño Esteo (IC).

Situación del análisis respecto al modelo general: Esta entrevista es la primera a realizar dentro del conjunto de entrevistas y diferentes técnicas para la adquisición del conocimiento necesario para realizar el prototipo de sistema experto (S.E). Esta será la primera entrevista por la que haremos preguntas muy generales y sobre la marcha iremos haciendo preguntas sobre las que tengamos dudas.

Conocimiento anterior a la entrevista: Puesto que es la primera de las entrevistas el conocimiento anterior es nulo, por tanto no tendremos conocimiento previo exceptuando el adquirido por la investigación previa, que es el sistema de puntaje y las normas.

Objetivos de la entrevista:

- A Identificar Las características en las que hay que fijarse en ambos tiradores para determinar la táctica.
- B Determinar las relaciones en estas características para saber la táctica a seguir.

Fuentes de conocimiento: Experto. La razón por la que se llevó a cabo esta elección es que además de ser entrenador es tirador y tiene bastantes años a sus espaldas que le respaldan, además de haber participado en el circuito nacional y haber asistido a varias concentraciones de la selección española como técnico. Por tanto ambos objetivos podrían cumplirse ya que con su experiencia como tirador podría identificar las características en las que habría que fijarse (objetivo A) y su conocimiento teórico adquirido como entrenador (con sus respectivos cursos y exámenes) podría relacionarlos para saber qué hacer en cada caso (objetivo B).

Modo: El modo en el que se hará la entrevista será abierta. Realizando preguntas bastante abiertas para que el experto pueda expresarse libremente y de esta manera adquirir el mayor glosario posible y además poder conocer cuáles pueden ser los casos. En caso de que el conocimiento sea adquirido de una buena forma podría empezarse a preguntar cosas más específicas sobre ciertas situaciones.

Planteamiento de la sesión: En este apartado se muestran las preguntas que se desean realizar para obtener el conocimiento.

- A1. ¿Qué es lo primero en lo que te fijas a la hora de planificar una táctica?
- A2. ¿Cómo determinas si tiene más distancia que tú?
- A3. ¿Cómo actúa la experiencia a la hora de determinar la táctica?
- A4. ¿Qué puedes decirme sobre el físico?
- B1. ¿Si tiene más distancia que tu como lo valoras?
- B2. ¿Qué puedes decirme sobre los puños franceses y anatómicos, ventajas y cómo actuar?

B3. ¿Echar de la pista o ceder terreno?j

B4. ¿Ser agresivo o pasivo?

Resultado de la sesión: Aquí se transcriben las respuestas obtenidas a las preguntas del planteamiento de la sesión.

A1. ¿Qué es lo primero en lo que te fijas a la hora de planificar una táctica?

Si tiene más distancia, experiencia y físico.

B1. ¿Si tiene más distancia que tu como lo valoras?

Lo que hago es intentar usar técnicas que me permitan entra una técnica en una distancia en la que yo puedo tocar y el no, entonces lo que necesito es entrar con hierro o con segunda intención.

A2. ¿Cómo determinas si tiene más distancia que tú?

Por la altura suele ser un buen indicador otro es si lleva francesa y yo anatómica y luego haces una valoración.

A3 ¿Cómo actúa la experiencia a la hora de determinar la táctica?

Si es más joven que yo es una persona que no sabe mucho y se siente intimidado por mí por lo que intento ganarle más rápidamente, o si esta echado hacia delante lo espero, provocho que cometa errores y le gano en contra.

A4 ¿Qué puedes decirme sobre el físico? Si tiene más físico que yo, por ejemplo no puedo pretender ser más rápido que una persona que es más rápida que yo, entonces la técnica cambia, obviamente si él es más lento que yo quizás siendo más ofensivo es buena opción, si es más rápido que yo tengo que esperarme más o jugar con una segunda intención.

B2 ¿Qué puedes decirme sobre los puños franceses y anatómicos, ventajas y cómo actuar? Puño francés sus ventajas son alcance y poco más, actuaría con esgrima de poco contacto en hierro evitando el contacto con el rival y una distancia larga media siempre, favorece un mejor físico Anatómica pierdes distancia pero ganas puntería y tienes que entrar en una distancia media baja y necesita más técnica.

B3 ¿Echar de la pista o ceder terreno? Si veo que la otra persona no ataca, le llevo a final de pista y no puede moverse o le toco o se sale. Si me vuelvo loco y es una persona que para muy bien o que al contrataque va muy bien seguramente me meta muchos puntos, sin embargo, si tiene una esgrima de mucho más ímpetu deajo que ataque, le deajo corto y le doy después.

B4 ¿Ser agresivo o pasivo? Normalmente suelo ser más precavido por mi personalidad, pero hay veces que si eres agresivo puedes intimidar al otro como cuando tienen menos experiencia que tu o es más joven que tú, a esa gente hay que ganarle rápido antes de que pueda pensar nada. Que es alguien con más ímpetu que tú, dejas que se precipite y le ganas entonces eres más pasivo

Plan de análisis: Pasos a realizar para analizar.

- Identificar términos usados en la entrevista
- Identificar características tirador
- Comprender importancia y relación de las características de un tirador
- Aumentar glosario

Resultado del análisis: Resultado final de la entrevista. Términos:

- Distancia
- Experiencia
- Físico
- Altura
- Puño
- Francés
- Anatómico
- Técnica
- Agresividad
- Parada

Características de un tirador:

- Altura
- Físico
- Experiencia
- Juventud
- Agresivo

Relación características tirador:

Después de la entrevista se ha comprendido que el estado físico de una persona cobra importancia en la esgrima. Siendo este un factor importante pero no determinante, el cual se puede

compensar de otras maneras, ya sea con experiencia u otras técnicas. Quizás la característica que destaca mas sobre el resto sería la experiencia, puesto que esta es la que te permitirá adaptarte dentro del asalto. De todas formas esto se afianzará en próximas entrevistas.

A.2 Entrevista 2

Fecha: Viernes 4 de Mayo de 2017.

Hora: 19:40

Lugar: Sala de armas Espada de Calatrava

Asistentes:

- Juan Lomas Rayego (Experto).
- Gregorio B. Patiño Esteo (IC).

Situación del análisis respecto al modelo general: Con la anterior entrevista finalizada y resueltas todas las dudas mediante medios de comunicación digitales para favorecer la fluidez de estos mismos, estamos mas cerca de alcanzar el modelo general. Es por esto por lo que esta segunda entrevista será dedicada a ampliar los conocimientos adquiridos consiguiendo entrar en movimientos no tan básicos y combinaciones más complejas

Conocimiento anterior a la entrevista: Partimos de una base de conocimiento adquirido por la anterior entrevista, en la cual se vieron características básicas. Este junto al anterior obtenido mediante investigación propia ya nos da una licencia para entender algo sobre tácticas en esgrima. También podremos formar nuestra propia táctica, pero esta sera muy básica. El conocimiento que tenemos son los movimientos básicos junto a las características principales.

Objetivos de la entrevista:

- A Ampliar base movimientos.
- B Ampliar base combinaciones.
- C Ampliar base características.

Fuentes de conocimiento: Experto. La razón por la que se llevó a cabo esta elección es que además de ser entrenador es tirador y tiene bastantes años a sus espaldas que le respaldan, además de haber participado en el circuito nacional y haber asistido a varias concentraciones de la selección española como técnico. Por tanto todos los objetivos podrían cumplirse ya que con su experiencia como tirador podría identificar las características en las que habría que fijarse (objetivo C) y su conocimiento teórico adquirido como entrenador (con sus respectivos cursos y exámenes) podría relacionarlos para saber qué hacer en cada caso (objetivo A y B).

Modo: El modo en el que se hará esta entrevista será semi-abierta. Algunas de las pregun-

tas serán con respuesta totalmente abiertas, mientras que otras de ellas serán propuestas que haremos nosotros para saber si vamos cogiendo el conocimiento de una manera correcta, y en caso de que no lo fuera corregirlo.

Planteamiento de la sesión: En este apartado se muestran las preguntas que se desean realizar para obtener el conocimiento.

- A1. ¿Hay alguna manera de saltarse la guardia del rival?
- A2. ¿Hay alguna manera de forzar al rival para que ataque?
- A3. ¿Hay alguna manera de distraer al rival legalmente?
- B1. ¿Hay alguna manera de engañar al rival con segundas intenciones?
- B2. ¿Hay alguna manera de engañar al rival en la distancia?
- C1. ¿Como de importante es que el tirador sepa hacer bien las paradas?
- C2. ¿Como de importante es que el tirador sepa atacar bien?
- C3. ¿Como de importante es que el tirador caiga en las trampas y engaños?
- C4. ¿Como influye el paso del tiempo en el asalto?
- C5. ¿Como actua la confianza en el tirador dentro del asalto?
- C6. ¿Como influye la confianza en el tirador a la hora de planificar la táctica?

Resultado de la sesión: Aquí se transcriben las respuestas obtenidas a las preguntas del planteamiento de la sesión.

A1.¿Hay alguna manera de saltarse la guardia del rival?

Sí, existe un movimiento llamado lanzado o mas conocido como coupé el cual te permite saltar la guardia del rival. La única defensa ante este ataque es quitar el brazo o intentar tocar con un contra-ataque al rival para que tu luz se encienda antes que la del otro, asumiendo los riesgos de fallar o no tocar con suficiente antelación.

A2. ¿Hay alguna manera de forzar al rival para que ataque? Sí. Para ello están las fintas. Las fintas es un movimiento por el cual tu engañas a tu rival para provocar la acción que tu quieras. Por ejemplo, si yo quiero hacer algún movimiento, pero para este necesito que intentes tocarme en el pie. En este caso esperar a que el rival vaya al pie puede ser muy largo o no darse el caso. Por esto mismo podrémos provocar al rival dejando el pie al descubierto para que este tenga mas ganas de ir.

A3. ¿Hay alguna manera de distraer al rival legalmente? Sí. Toda acción que hagas es legal siempre y cuando no intimides al rival, no pongas en riesgo tu seguridad ni sea antideportivo. Por ejemplo, ponerte a gritar podría ser algo antideportivo además de intimidar al rival, por

tanto eso no lo podrías hacer. Algo que si podrías hacer sería dar pisotones de vez en cuando en el suelo. Esto hará que tu rival se distraiga y entonces tu aprovechar para lanzar un ataque. Hay gente que esto no lo considera del todo honorable pero eso ya a criterio de cada uno. Algo con mas de estilo es dar golpes con tu espada en la suya, suaves y fuertes, variando entre ellos. De esta manera tu rival estará mas pendiente de tu espada y podrás aprovechar para disimular otras acciones con el cuerpo, como ganarle distancia.

B1. ¿Hay alguna manera de engañar al rival con segundas intenciones?

Sí. Al igual que hablabamos antes que puedes hacer acciones con el cuerpo para distraer al rival, también las puedes hacer con la propia espada a modo de acciones. Puedes hacer un movimiento amagando que vas a atacar a un punto suyo en concreto y cuando el vaya a defenderse, entonces cambiar el objetivo y atacar a otro sitio. Esto es conocido como 1-2 o mas técnicamente finta-pase.

B2. ¿Hay alguna manera de engañar al rival en la distancia?

Sí. Con la propia guardia puedes engañarle, si la avanzas el rival se pensará que estás más cerca de lo que realmente te encuentras ya que tu punta se encontrará mas cerca de él. Por otro lado si la retrasas conseguirás que piense que estás mas lejos, pudiendo aprovechar esto para tocar con mayor facilidad en tocados a corta distancia. Por otro lado también se puede hacer con un movimiento constante de piernas en el que la distancia de este no sea siempre la misma.

C1. ¿Como de importante es que el tirador sepa hacer bien las paradas?

Es tan importante como que esto determinará si podemos ser mas agresivos o no en nuestros ataques. Incluso siendo algo extremistas, podría ser lo que indique si debemos atacar durante el asalto. Ante un oponente que ejecute a la perfección sus paradas y no tenga huecos en la defensa, lo mejor no será atacar puesto que esto provocará en la mayoría de los casos que cometamos errores atacando y de ese modo obtendremos puntos en contra, y eso nunca lo queremos. Por el contrario, si el rival tiene muchos huecos en defensa nos centraremos en atacar.

C2. ¿Como de importante es que el tirador sepa atacar bien?

Es lo mismo que hemos hablado antes solo que se invertirían los roles entre tiradores. No puedes intentar defender si el rival es muy superior a ti en su ataque.

C3. ¿Como de importante es que el tirador caiga en las trampas y engaños?

Otro factor que dirá si debemos hacer ataques indirectos o directos. Si el rival siempre cae en nuestros engaños lo mejor será elaborar mas el tocado para asegurarlo. Por el contrario si el rival nunca cae en nuestros engaños lo mejor será centrarnos en la explosividad e ir lo mas recto posible.

C4. ¿Como influye el paso del tiempo en el asalto?

Esto influirá en como de agresivos han de ser los tiradores en función del resultado. En caso de que vayas perdiendo y el resultado sea muy distante, el tirador que pierda deberá intentar dejar pasar el menor tiempo posible, puesto que este juega en su contra. Por otro lado, el que gane podrá permitirse la licencia de dejar correr el cronometro. Esto es debido a que cuanto mas tiempo pase estando el por encima, ma

C5. ¿Como actua la confianza en el tirador dentro del asalto?

Esto es bastante difícil de determinar. Cuando un tirador esté repleto de confianza intentará tomar decisiones mas arriesgadas, mientras que cuando esté bajo de esta lo mas probable es que intente actuar bajo seguro esperando los errores del rival. Por tanto este podría ser un indicativo sobre la confianza que tiene el rival en él. Pero de nuevo, insisto en que cada persona actua de una forma distinta ante la ausencia o exceso de confianza.

C6. ¿Como influye la confianza en el tirador a la hora de planificar la táctica?

Bien esto es algo complejo. Habrá que distinguir por dos partes. En cuanto a nuestro tirador hay que tener cuidado con el exceso de confianza puesto que esto nos hará cometer errores. Por otro lado hay que tener cuidado también con la falta de confianza, puesto que esto hará que dudemos y perderemos tiempo en las acciones, lo que provocará que sea mas fácil que nos toquen.

Plan de análisis: Pasos a realizar para analizar.

- Identificar términos usados en la entrevista
- Identificar características nuevas tirador
- Comprender importancia y relación de las nuevas características de un tirador
- Aumentar glosario

Resultado del análisis: Resultado final de la entrevista. Términos:

- Coupé
- Guardia
- Defensa

- Contra-ataque
- Finta
- Provocar
- Engañar
- Distraer
- Llamada
- Finta-Pase

Características de un tirador:

- Reflejos
- Capacidad defensiva
- Capacidad ofensiva
- Confianza
- Explosividad

Relación nuevas características tirador:

Se habló sobre los reflejos y la explosividad, por lo que se entiende que la velocidad en un tirador es importante. Esto hace que haya que tener realmente en cuenta. Por otro lado también se habló de las capacidades del tirador, tanto ofensivas como defensivas. Esto será importante a la hora de decantarnos por una táctica u otra. También se mencionó la confianza que tiene un tirador en si mismo. Esto se puede aprovechar tanto en el rival como en nosotros. Detectando si tiene exceso o escasez de esta podremos ser mas agresivos o tendremos que ser mas conservadores.

Anexo B

Glosario sistema experto

1. Cualidades del tirador
2. Distancia
3. Experiencia
4. Físico
5. Técnicas
6. Tocar
7. Entrar con hierro
8. Entrar con segunda intención
9. Altura
10. Puño
11. Francés
12. Anatómico
13. Más joven
14. Más rápido
15. Sentirse intimidado
16. Saber mucho
17. Ganar rápido
18. Echado hacia delante
19. Esperar
20. Provocar errores
21. Contra
22. Ser ofensivo
23. Alcance
24. Poco contacto en hierro

25. Perder distancia
26. Puntería
27. Ser pasivo
28. Parar bien
29. Buen contrataque
30. Dejar corto
31. Dejar pensar
32. Coupé
33. Guardia
34. Defensa
35. Contra-ataque
36. Finta
37. Provocar
38. Engañar
39. Distraer
40. Llamada
41. Finta-Pase
42. Reflejos
43. Capacidad defensiva
44. Capacidad ofensiva
45. Confianza
46. Explosividad

Anexo C

Tabla objeto, atributo, valor

Tabla C.1: Tabla objeto atributo y valor

Objeto	Atributo	Valor
Tirador	Puño	{Francés, Anatómico}
	Altura	[0, 230] cm
	Intimidado	{Si, No}
	Edad	[0, 120] Años
	Confianza	{Si, No}
	Reflejos	{Bajo, Medio, Alto}
	Velocidad	{Bajo, Medio, Alto}
	Capacidad defensiva	{Bajo, Medio, Alto}
	Capacidad ofensiva	{Bajo, Medio, Alto}
	Probabilidad victoria tirador 1	[0, 100]

Anexo D

Reglas del sistema experto

A continuación se lista la plantilla y reglas utilizadas para el sistema experto en CLIPS.

```
;-----  
;  
;   PLANTILLA  
;  
;-----  
  
(deftemplate tirador  
  (slot id  
    (type SYMBOL)  
    (allowed-symbols yo el)  
    (default el)  
  )  
  (slot edad  
    (type INTEGER)  
  )  
  (slot altura  
    (type INTEGER)  
  )  
  (slot puno  
    (type SYMBOL)  
    (allowed-symbols frances anatomico)  
    (default frances)  
  )  
  (slot intimidado  
    (type SYMBOL)  
    (allowed-symbols si no)  
    (default no)  
  )  
)  
  
;-----  
;
```

```

;    REGLAS
;
;-----

(defrule cogerDatosTiradorEl "coger datos"

  ?el <- (tirador (id el) (edad ?edadEl)(altura ?alturaEl)(puno ?punoEl)(intimidado ?intimidadoEl))
  ?yo <- (tirador (id yo) (edad ?edadYo)(altura ?alturaYo)(puno ?punoYo))
  ;(test (> ?edadEl ?edadYo))
  =>
    (assert
      (alturaEl ?alturaEl)(alturaYo ?alturaYo)
      (edadEl ?edadEl)(edadYo ?edadYo)
      (punoEl ?punoEl)(punoYo ?punoYo)
      (intimidadoEl ?intimidadoEl)
    )

    (retract ?el)
    (retract ?yo)
  )

;-----
;
;    Sacamos la altura
;
;-----

(defrule compararAltura1
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (> ?x ?y))
  (test (> (- ?x ?y) 5)) ;seria para comprobar que la diferencia es mayor que 5
  =>
    (assert (altura masEl))
  )

(defrule compararAltura1_2
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (> ?x ?y))
  (test (<= (- ?x ?y) 5)) ;seria para comprobar que la diferencia es mayor que 5
  =>
    (assert (altura igual))
  )

```

```

(defrule compararAltura2_1
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (< ?x ?y))
  =>
  (assert (altura masYo))
)

(defrule compararAltura2_2
  (alturaEl ?x)(alturaYo ?y)
  (test (<= ?x ?y))
  (test (<= (- ?y ?x) 5)) ;seria para comprobar que la diferencia es mayor que 5
  =>
  (assert (altura igual))
)

;-----
;
;      Sacamos la distancia
;
;-----

(defrule distancia_1
  (altura masEl)
  (punoEl frances)
  (punoYo frances)
  =>
  (assert (distancia masEl))
)

(defrule distancia_2
  (altura masEl)
  (punoEl anatomico)
  (punoYo anatomico)
  =>
  (assert (distancia masEl))
)

(defrule distancia_3
  (altura masEl)
  (punoEl frances)
  (punoYo anatomico)
  =>
  (assert (distancia masEl))
)

```

```

(defrule distancia_4
  (altura masEl)
  (punoEl anatomico)
  (punoYo frances)
=>
  (assert (distancia igual))
)

(defrule distancia_5
  (altura igual)
  (punoEl frances)
  (punoYo frances)
=>
  (assert (distancia igual))
)

(defrule distancia_6
  (altura igual)
  (punoEl anatomico)
  (punoYo anatomico)
=>
  (assert (distancia igual))
)

(defrule distancia_7
  (altura igual)
  (punoEl frances)
  (punoYo anatomico)
=>
  (assert (distancia masEl))
)

(defrule distancia_8
  (altura igual)
  (punoEl frances)
  (punoYo frances)
=>
  (assert (distancia igual))
)

(defrule distancia_8_2
  (altura igual)
  (punioEl anatomico)
  (punioYo frances)
=>
  (assert (distancia igual))
)

```



```

(defrule distancia_9
  (altura masYo)
  (punoEl frances)
  (punoYo frances)
=>
  (assert (distancia masYo))
)

```

```

(defrule distancia_10
  (altura masYo)
  (punoEl anatomico)
  (punoYo anatomico)
=>
  (assert (distancia masYo))
)

```

```

(defrule distancia_11
  (altura masYo)
  (punoEl frances)
  (punoYo anatomico)
=>
  (assert (distancia igual))
)

```

```

(defrule distancia_12
  (altura masYo)
  (punoEl anatomico)
  (punoYo frances)
=>
  (assert (distancia masYo))
)

```

```

;-----
;
;      Sacamos la joven
;
;-----

```

```

(defrule compararEdad1
  (edadEl ?x)(edadYo ?y)
  (test (= ?x ?y))
=>
  (assert (joven igual))
)

```

```

(defrule compararEdad2

```

```

(edadEl ?x)(edadYo ?y)
(test (> ?x ?y))
=>
(assert (joven mayorEl))
)

(defrule compararEdad3
  (edadEl ?x)(edadYo ?y)
  (test (< ?x ?y))
  =>
  (assert (joven mayorYo))
)

;-----
;
;      Sacamos la experiencia
;
;-----

(defrule experimentado_1
  (intimidadoEl si)
  (joven mayorEl)
  =>
  (assert (experiencia igual))
)

(defrule experimentado_2
  (intimidadoEl si)
  (joven igual)
  =>
  (assert (experiencia masYo))
)

(defrule experimentado_3
  (intimidadoEl si)
  (joven mayorYo)
  =>
  (assert (experiencia masYo))
)

(defrule experimentado_4
  (intimidadoEl no)
  (joven mayorEl)
  =>
  (assert (experiencia masEl))
)

```

```

)

(defrule experimentado_5
  (intimidadoEl no)
  (joven igual)
  =>
    (assert (experiencia igual))
)

(defrule experimentado_6
  (intimidadoEl no)
  (joven mayorYo)
  =>
    (assert (experiencia masYo))
)

;-----
;
;   Sacamos la agresividad
;
;-----

(defrule agresividad_1
  (or (experiencia masEl)(experiencia igual))
  =>
    (assert (agresividad no))
)

(defrule agresividad_2
  (experiencia masYo)
  =>
    (assert (agresividad si))
)

;-----
;
;   Sacamos la acortar distancia
;
;-----

(defrule acortarDistancia_1
  (distancia masEl)
  (agresividad si)
  =>

```

```

        (assert (acortarDistancia si))
    )

(defrule acortarDistancia_2
  (or(distancia masYo) (distancia igual))
  (agresividad no)
  =>
    (assert (acortarDistancia no))
)

(defrule acortarDistancia_3
  (or(distancia masYo) (distancia igual))
  (agresividad si)
  =>
    (assert (acortarDistancia no))
)

(defrule acortarDistancia_4
  (distancia masEl)
  (agresividad no)
  =>
    (assert (acortarDistancia no))
)

;-----
;
;   Sacamos la contacto hierro
;
;-----

(defrule contactoHierro_1
  (acortarDistancia si)
  =>
    (assert (contactoHierro si))
)

(defrule contactoHierro_2
  (acortarDistancia no)
  =>
    (assert (contactoHierro no))
)

;-----
;
;   Sacamos segunda intencion
;

```

```

;-----

(defrule segundaIntencion_1
  (acortarDistancia si)
  (experiencia masEl)
  =>
    (assert (segundaIntencion no))
)

(defrule segundaIntencion_2
  (acortarDistancia no)
  (experiencia masYo )
  =>
    (assert (segundaIntencion si))
)

(defrule segundaIntencion_3
  (acortarDistancia si)
  (or (experiencia masYo)(experiencia igual))
  =>
    (assert (segundaIntencion no))
)

(defrule segundaIntencion_4
  (acortarDistancia no)
  (or(experiencia masEl)(experiencia igual))
  =>
    (assert (segundaIntencion no))
)

(defrule imprimir
  (contactoHierro ?x)
  (segundaIntencion ?y)
  =>
    (printout t "Contacto hierro: " ?x crlf)
    (printout t "Segunda intencion: " ?y crlf)
)

```


Anexo E

Diagramas mapas conocimiento

En este anexo se pueden encontrar los diagramas de toma de decisión desarrollados para el sistema experto. Se muestran a continuación.



Figura E.1: Esquema toma decisión

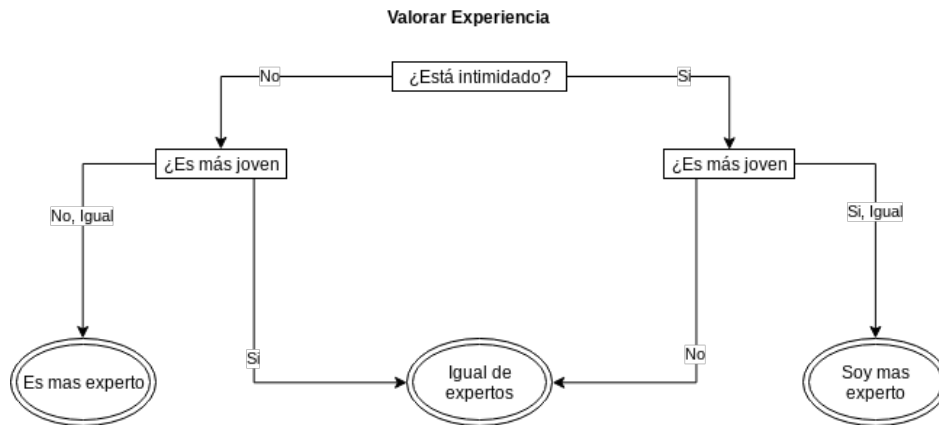


Figura E.2: Mapa de conocimiento experiencia

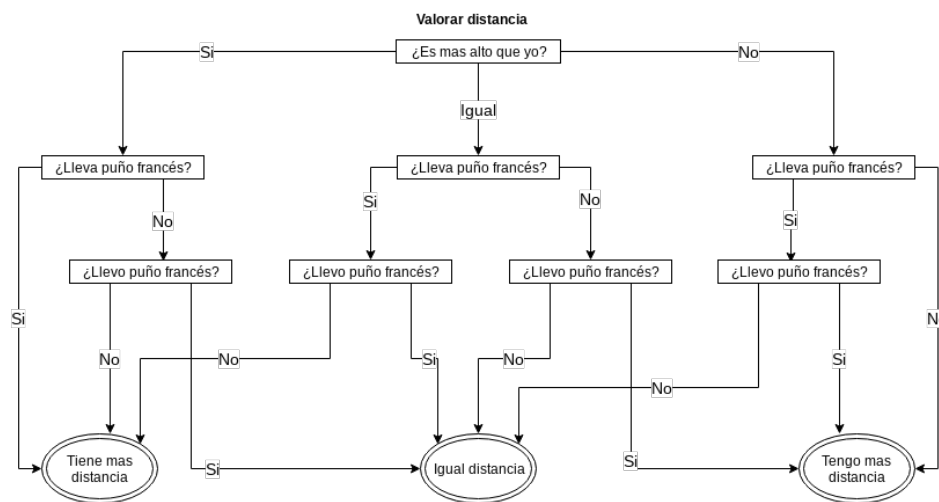


Figura E.3: Mapa de conocimiento distancia

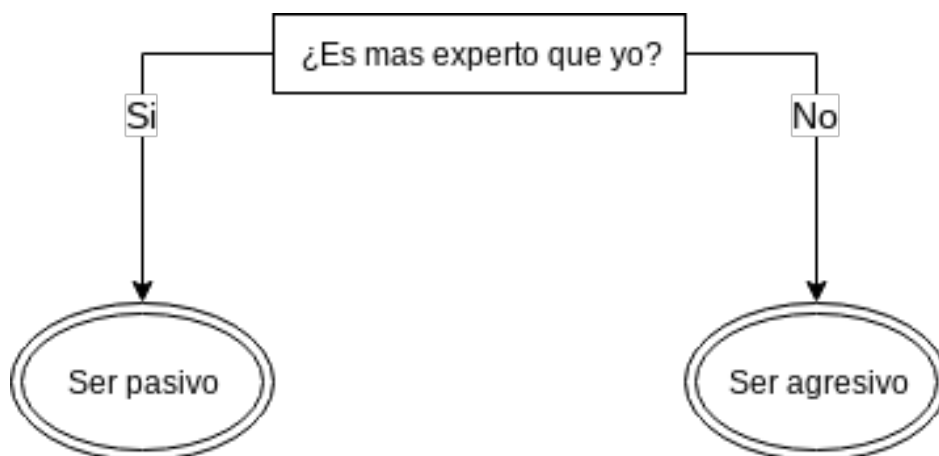


Figura E.4: Mapa de conocimiento agresividad



Figura E.5: Mapa de conocimiento acortar distancia

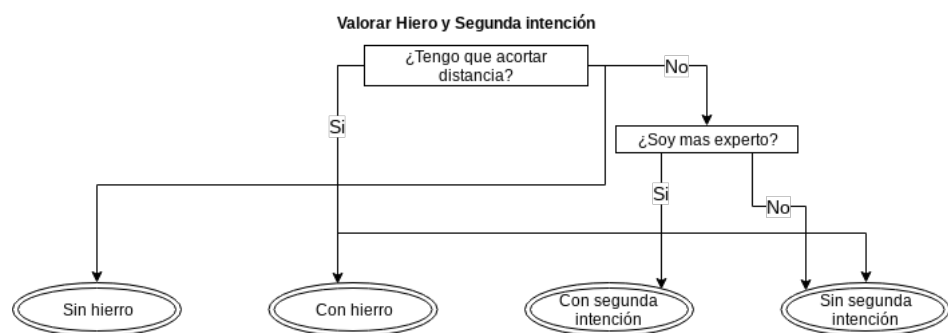


Figura E.6: Mapa de conocimiento hierro y segunda intención

Bocetos herramienta web

[illegible]

MFT
Inicio
Llenar
Guiado
Contacto
Sugerencias
Entrenamiento
Inglés

Formulario completo sistema

Tirador 1

Selecciona el puño

☐ Francés
☐ Anatómico

Marque la siguiente opción si está intimidado

☐ Intimidado

Edad

5

▲▼

Altura (cm)

5

▲▼

Tirador 2

Selecciona el puño

☐ Francés
☐ Anatómico

☐ Intimidado

5

▲▼

5

▲▼

Calcular

109

MFT
Inicio
Llenar
Guiado
Contacto
Sugerencias
Entrenamiento
Inglés

Formulario sugerencia

Nombre

Sugerencia

Crear

Sugerencias

Nombre: usuario1
Sugerencia: Sugerencia 1

Nombre: usuario1
Sugerencia: Sugerencia 1

Nombre: usuario1
Sugerencia: Sugerencia 1

«
1
2
3
4
5
»

Figura F.6: Boceto página sugerencia

MFT
Inicio
Llenar
Guiado
Contacto
Sugerencias
Entrenamiento
Inglés

Generador acciones

Acciones

Mostrar

Numero acciones

5

^
v

Generar acciones

Figura F.7: Boceto página entrenamiento

Anexo G

Algoritmo fuerza bruta obtención mejores variables KNN

```
#!/usr/bin/env python3
# -*- coding: utf-8 -*-

#Pandas
import pandas as pd
import numpy as np

#Cv
from sklearn.cross_validation import train_test_split

#Classifier imports
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.metrics import auc, accuracy_score, confusion_matrix
from sklearn import metrics

#Plot libraries
import matplotlib.pyplot as plt

#Get time
import datetime
import time

aa = ["TABLEU", "C1_AGE", "C1_RANKING", "C1_HANDNESS", "C1_WEAPON", "C2_AGE",
      "C2_RANKING", "C2_HANDNESS", "C2_WEAPON", "WINNER"]

dataframe = pd.read_csv(r"6_competition_rankings_columns.csv")
dataframe = pd.read_csv(r"6_competition_rankings_columns.csv", header=1, names=aa)
dataframe = dataframe.drop(dataframe[dataframe['C2_WEAPON'] == 'None'].index)
dataframe = dataframe.drop(dataframe[dataframe['C1_WEAPON'] == 'None'].index)
dataframe.to_csv("testing_csv")

X = np.array(dataframe.drop(['WINNER'],1))
y = np.array(dataframe['WINNER'])
x1, x2, y1, y2 = train_test_split(X, y, random_state = 100)
```

```

'''
The next code got a large computational time. Be sure to have a film to watch
while it execute
'''

print("start of script")
print(datetime.datetime.now())
start_time = datetime.datetime.now()

# Create Dataframe from our data.
aa = ["TABLEU", "C1_AGE", "C1_RANKING", "C1_HANDNESS", "C1_WEAPON", "C2_AGE",
      "C2_RANKING", "C2_HANDNESS", "C2_WEAPON", "WINNER"]

dataframe = pd.read_csv(r"6_competition_rankings_columns.csv")
dataframe = pd.read_csv(r"6_competition_rankings_columns.csv", header=1, names=aa)
dataframe = dataframe.drop(dataframe[dataframe['C2_WEAPON'] == 'None'].index)
dataframe = dataframe.drop(dataframe[dataframe['C1_WEAPON'] == 'None'].index)
dataframe.to_csv("testing_csv")

# Split data from train to test
X = np.array(dataframe.drop(['WINNER'],1))
y = np.array(dataframe['WINNER'])
x1, x2, y1, y2 = train_test_split( X, y, random_state = 100)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.4, random_state=3)

# Initialize max variables
max_score = 0
max_k = 0
max_leaf_size = 0
max_p = 0

k_iterations = range(0, 10)
leaf_size_ranges = range(1, 60)
p_ranges = range(1, 20)

# Test different K value
for k_value in k_iterations:
    k_range = range((k_value * 25) + 1, (k_value * 25) + 26)
    scores = []
    for k in k_range:

```



```

# Explore the value for leaf_size
for leaf_size_i in leaf_size_ranges:

    # Explore the value for p
    for p_value in p_ranges:
        knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=k,
                                   leaf_size=leaf_size_i,
                                   p=p_value,
                                   n_jobs=5)

        knn.fit(X_train, y_train)
        y_pred = knn.predict(X_test)
        score = accuracy_score(y_test, y_pred)
        if score > max_score:
            max_score = score
            max_k = k
            max_leaf_size = leaf_size_i
            max_p = p_value

    print("End of k test:")
    print(k)

    print("End of iteration:")
    print(k_value)
    print("Time elapsed:")
    print(datetime.datetime.now() - start_time)

print("max_score")
print(max_score)
print("max_k")
print(max_k)
print("max_leaf_size")
print(max_leaf_size)
print("max_p")
print(max_p)

print("end of the script")
end_time = datetime.datetime.now()
print(end_time)
print("Total time:")
print(end_time - start_time)

```


Anexo H

Código servidor API

A continuación se muestra el código alojado en el servidor API.

```
from flask import request, url_for
from flask_api import FlaskAPI, status, exceptions

#Pandas
import pandas as pd
import numpy as np

#Cv
from sklearn.model_selection import train_test_split

#Import KNN
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn import metrics

app = FlaskAPI(__name__)

@app.route("/wake_up/", methods=['GET'])
def wake_up():
    return "Waked up"

@app.route("/predict/", methods=['GET'])
def predict():
    # Create Dataframe from our data.
    headers = ["TABLEU", "C1_AGE", "C1_RANKING", "C1_HANDNESS", "C1_WEAPON", "C2_AGE",
               "C2_RANKING", "C2_HANDNESS", "C2_WEAPON", "WINNER"]

    dataframe = pd.read_csv(r"6_competition_rankings_columns.csv")
    dataframe = pd.read_csv(r"6_competition_rankings_columns.csv", header=1, names=headers)
    dataframe = dataframe.drop(dataframe[dataframe['C2_WEAPON'] == ' None '].index)
    dataframe = dataframe.drop(dataframe[dataframe['C1_WEAPON'] == ' None '].index)
    dataframe.to_csv("testing_csv")
```

```

# Split data from train to test
X = np.array(dataframe.drop(['WINNER'],1))
y = np.array(dataframe['WINNER'])
x1, x2, y1, y2 = train_test_split( X, y, random_state = 100)
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.4, random_state=3)

knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=56, n_jobs=5, leaf_size=29, p=5)

knn.fit(X_train, y_train)
y_pred = knn.predict(X_test)
predict = metrics.accuracy_score(y_test, y_pred)

data = []
data.append(int(request.data.get('tableu', '')))
data.append(int(request.data.get('fencer1_age', '')))
data.append(int(request.data.get('fencer1_ranking', '')))
data.append(int(request.data.get('fencer1_handness', '')))
data.append(request.data.get('fencer1_weapon', ''))
data.append(int(request.data.get('fencer2_age', '')))
data.append(int(request.data.get('fencer2_ranking', '')))
data.append(int(request.data.get('fencer2_handness', '')))
data.append(request.data.get('fencer2_weapon', ''))

predict = knn.predict_proba([data])
return str(predict)

if __name__ == "__main__":
    app.run(debug=False)

```

Este documento fue editado y tipografiado con \LaTeX empleando la clase **esi-tfg** (versión 0.20181017) que se puede encontrar en:
https://bitbucket.org/esi_atc/esi-tfg

[respeta esta atribución al autor]

