

**UNED**

**Universidad Nacional de Educación a Distancia**

*Proyecto Fin de Grado de Ingeniería Informática*

**Diseño, desarrollo y evaluación del sistema *KUMITRÓN* para monitorizar combates en Karate  
que sincroniza imágenes aéreas con señales fisiológicas e iniciales**

*Jon Etxeberria*

*Dirigido por:*

*Olga C. Santos Martín*

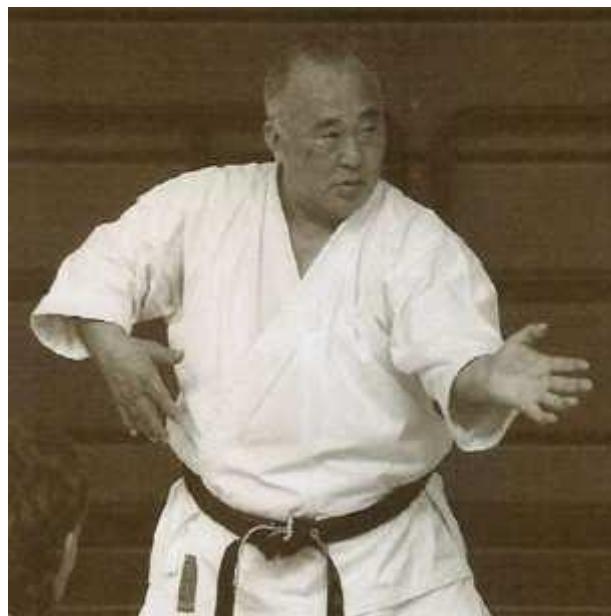
*Curso: 2019-2020*

空手道

# Karate Do

## LOS 7 PRINCIPIOS

- 1. GI (Honradez/Justicia)**
- 2. YU (Valor heroico)**
- 3. JIN (Compasión)**
- 4. REI (Cortesía)**
- 5. MEYO (Honor)**
- 6. MAKOTO (Sinceridad absoluta)**
- 7. CHUGO (Deber y Lealtad)**





**UNED**

## **Universidad Nacional de Educación a Distancia**

**Diseño, desarrollo y evaluación del sistema *KUMITRÓN* para monitorizar combates en Karate  
que sincroniza imágenes aéreas con señales fisiológicas e inerciales**

*Proyecto Fin de Grado de Ingeniería Informática*

*Modelo Específico*

*Jon Etxeberria San Millán*

*Dirigido por:*

*Olga C. Santos Martín*

*Curso: 2019-2020*

*Fecha de lectura y defensa: Julio 2020*

***Vengo hacia ti con las manos vacías. No tengo armas, pero, si estoy obligado a defenderme, a defender mis principios o mi honor, si es cuestión de vida o muerte, de derecho o de injusticia, entonces aquí están mis armas: las manos vacías.***



## Resumen

La Inteligencia Artificial combinada con el Internet de las Cosas y otras tecnologías actuales hacen posible el desarrollar herramientas que permiten una interacción más eficiente y personalizada en ámbitos antes insospechados, como las artes marciales. Desde el punto de vista del **modelado del movimiento humano en relación al aprendizaje de habilidades motoras complejas**, las artes marciales son de interés porque están articuladas en torno a un sistema de movimientos que están predefinidos -o al menos, acotados- (y regidos por las Leyes de la Física) y cuya ejecución debe aprenderse tras una práctica continuada en el tiempo, por lo que a la hora de aplicar algoritmos de Inteligencia Artificial existen patrones claros con los que comparar una buena ejecución y analizar su evolución temporal durante el aprendizaje.

En este Proyecto Fin de Grado (PFG) se propone la creación de un sistema de Inteligencia Artificial capaz de desarrollar estrategias y soluciones inteligentes en tiempo real en la práctica de combate de artes marciales en general, y Karate en particular, un arte marcial de masas y con estreno olímpico previsto en Tokyo 2021. **Existen soluciones que abordan la práctica individual de determinados movimientos en las artes marciales, pero no monitorizan la interacción entre varios practicantes.** De ahí el reto tecnológico planteado en este PFG. Se ha trabajado en una solución tecnológica escalable que permita ofrecer más soluciones y mejorar sus características en el futuro, por ejemplo, utilizándola para apoyar la investigación que se espera realizar en el Máster en Inteligencia Artificial de la UNED.

El sistema se ha diseñado para modelar, a través del video grabado por un mini dron y enriquecido sincronamente con información fisiológica e inercial, diferentes parámetros de la actividad física que se realiza durante la ejecución de un kumite (combate en karate), en donde dos personas realizan de forma combinada técnicas de ataque y defensa definidas en el arte marcial Karate.

Gracias a la Inteligencia Artificial, el sistema KUMITRÓN permite calcular parámetros de esfuerzo, visualizar la dirección de los movimientos y la anticipación del movimiento del oponente durante el combate en tiempo real, así como predecir la victoria o derrota. Con esta información, el maestro puede comunicarse a través del sistema con sus alumnos durante una sesión de entrenamiento para dar las mejores indicaciones estratégicas a seguir en el transcurso del mismo, y todo en tiempo real.

Las novedades principales de KUMITRÓN con respecto a otras soluciones tecnológicas existentes son:

- Monitorizar un combate real identificando los movimientos de ataque y defensa, y no sólo una serie de movimientos predefinidos realizados individualmente.
- Uso de un dron para la toma de vídeo de la actividad en tiempo real, con las ventajas que supone para mantener fijo el punto y ángulo de grabación, independientemente de los desplazamientos de los practicantes.
- Uso de algoritmos de aprendizaje automático para extraer conocimiento que ayude a la mejora de la actividad física que se realiza, como la identificación del esfuerzo y la anticipación del movimiento.
- Preparación de las técnicas de inteligencia artificial más adecuadas a un arte marcial concreto como el karate, seleccionando aquellos parámetros más importantes para monitorizar los movimientos que se realizan durante un combate.
- Uso de algoritmos de Visión Artificial que extraen información de interés sobre la imagen recibida para caracterizar el movimiento y estado del practicante.

El trabajo realizado en este PFG es susceptible de ser protegido intelectualmente, por lo que se ha realizado la correspondiente solicitud con la colaboración de la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación de la UNED.

## Palabras clave

Wearable, Dan, IoT, MMA, Shotokan, kumite, dron, Arduino, modelado comportamiento humano, openCV, sensei



## Abstract

The Artificial Intelligence combined with the Internet of Things and other current technologies make it possible to develop tools that allow for more efficient and personalized interaction in previously unsuspected areas, such as martial arts. From the point of view of modeling human movement in relation to the learning of complex motor skills, martial arts are of interest because they are articulated around a system of movements that are predefined - or at least limited - (and governed by Laws of Physics) and whose execution must be learned after continued practice over time, so when applying Artificial Intelligence algorithms there are clear patterns with which to compare good execution and analyze its temporal evolution during learning.

This Final Career Project proposes the creation of an Artificial Intelligence system capable of developing intelligent strategies and solutions in real time in the combat practice of martial arts in general, and Karate in particular. a mass martial art and with an Olympic premiere expected in Tokyo 2021. There are solutions that address the individual practice of certain movements in the martial arts, but do not monitor the interaction between various practitioners. Hence the technological challenge posed in this PFG. We have worked on a scalable technological solution that allows offering more solutions and improve its characteristics in the future, for instance, using it to support the research that is expected to be carried out in the Master of Artificial Intelligence at UNED.

The system has been designed to model, through the video recorded by a mini drone and synchronously enriched with physiological and inertial information, different parameters of the physical activity that is carried out during the execution of a kumite (combat in karate), where two people perform combined techniques of attack and defense defined in the Karate martial art.

The KUMITRÓN system allows visualizing effort, physiological, inertial and image parameters of a combat in real time. In such a way that the teacher is able to communicate through the system with his/her students to give the best strategic indications to follow in the course of it, and all in real time.

The main innovations of the designed architecture with respect to others are:

- Monitor a real combat and not a series of predefined movements.
- Use of a drone to take video of the activity in real time, with the advantages of keeping a fixed recording point, independent of the displacements of the practitioners.
- Use of Machine Learning algorithms to extract knowledge that helps to improve the physical activity carried out.
- Personalization of the technical architecture of artificial intelligence to a specific martial art such as karate by selecting those parameters most important to the art.
- Artificial Vision algorithms that extract information of interest about the image received to characterize the movement and state of the practitioner.

The work carried out in this Final Career Project is likely to be intellectually protected. Thus, the corresponding request has been submitted with the collaboration of UNED Transference Unit of Research Results.

## Keywords

Wearable, Dan, IoT, MMA, Shotokan, kumite, drone, Arduino, human modelling movement, openCV , sensei



# Contenido

Resumen .....	v
Palabras clave .....	vi
Abstract .....	viii
Keywords .....	viii
Contenido .....	x
Lista de tablas y figuras .....	xiii
Ilustraciones .....	xiii
Tablas.....	xvii
1. Introducción .....	- 1 -
1.1 Problema.....	- 2 -
1.1.1 Objetivos del PFG .....	- 5 -
1.2 Metodología de desarrollo .....	- 6 -
1.2.1 Modelo general del proceso.....	- 7 -
1.2.2 Herramientas generales para el desarrollo del PFG .....	- 8 -
1.3 Utilización de los conocimientos adquiridos en el Grado .....	- 9 -
1.3.1 Planificación y gestión .....	- 10 -
1.3.2 Para la parte legal y económica .....	- 10 -
1.3.3 Para la parte de codificación .....	- 10 -
1.3.4 Para la parte de hardware .....	- 10 -
1.3.5 Para la parte de Inteligencia artificial .....	- 10 -
1.4 Estructura de la memoria .....	- 10 -
2. Estado del arte .....	- 12 -
2.1 Sistemas/aplicaciones similares.....	- 12 -
2.1.1 My Tai-Chi Coaches .....	- 12 -
2.1.2 Aikido 3D.....	- 13 -
2.2 Robótica, realidad virtual y captación de movimientos (moCap) .....	- 14 -
2.2.1 Captación de movimientos mediante drones.....	- 14 -
2.2.2 Intelligent Framework for Learning Physics withAikido (Martial Art) and Registered Sensors	
- 15 -	
2.2.3 Mayweather Boxing Fitness.....	- 16 -
2.2.4 Chordata .....	- 17 -
2.2.5 Creed Rise to Glory Boxeo Virtual .....	- 17 -
2.2.6 Realidad Virtual en la preparación de luchadores de UFC .....	- 18 -
2.3 Inteligencia artificial en la medicina y el deporte .....	- 18 -
2.3.1. TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la medicina del deporte .....	- 18 -

2.3.2. TFG: Sistema para la supervisión remota de actividad física de pacientes mediante pulseras de sensores.....	- 20 -
2.3.3. TFG: Aplicación móvil y web para la monitorización de datos cogidos mediante la pulsera inteligente MiBan2 usando BLE y la plataforma FIWare .....	- 22 -
2.4 Sistemas específicos sobre artes marciales .....	- 23 -
2.4.1 TFM: Diseño y aplicación de una herramienta para el análisis táctico del karate en la modalidad de kumite.....	- 23 -
2.5 Patentes de sistemas relacionados .....	- 25 -
2.5.1 US10065074B1. Sistemas de entrenamiento con sensores usables para proporcionar retroalimentación a los usuarios. ....	- 25 -
2.5.2 US20180001141A1. Grabación de vídeo interactivo para luchadores en un evento de MMA y Boxeo.-	26 -
2.6 Justificación del enfoque adoptado en el PFG .....	- 28 -
3. Planteamiento .....	- 32 -
3.1 Recopilación de información para el desarrollo de los requisitos .....	- 32 -
3.1.1 Datos generales de los cuestionarios recibidos.....	- 32 -
3.1.2 Análisis de las respuestas .....	- 32 -
3.1.3 Conclusiones.....	- 35 -
3.2 Requisitos.....	- 36 -
3.2.1. Requisitos Funcionales .....	- 38 -
3.2.2. Requisitos no funcionales.....	- 39 -
3.3 Diseño arquitectónico.....	- 40 -
3.3.1 Módulo de entrenamiento de kumite .....	- 42 -
3.3.2 Módulo web .....	- 44 -
3.4 Modelo conceptual .....	- 46 -
3.5 Recursos .....	- 48 -
3.5.1 Recursos humanos.....	- 48 -
3.5.2 Recursos hardware .....	- 48 -
3.5.3 Recursos de software .....	- 50 -
3.5.4 Justificación de la solución técnica adoptada.....	- 51 -
3.6 Casos de uso .....	- 54 -
3.6.1 Descripción de casos de uso .....	- 57 -
3.6.2 Diagramas de secuencia y actividad .....	- 68 -
3.7 Diagrama de clases .....	- 74 -
3.7.1 Diagramas de Clase Módulo Entrenamiento .....	- 75 -
3.7.2 Diagramas de Clase Módulo Web.....	- 77 -
4. Implementación del sistema KUMITRON .....	- 78 -
4.1 Módulo de entrenamiento de kumite .....	- 78 -

4.2	Módulo web .....	- 83 -
5.	Resultados .....	- 88 -
5.1	Pruebas al sistema en general y BBDD .....	- 88 -
5.2	Módulo de entrenamiento .....	- 88 -
5.3	Módulo web .....	- 89 -
5.4	Pruebas de Usuario .....	- 91 -
5.4.1	Conexión WIFI.....	- 91 -
5.4.2	Algoritmos OpenCv.....	- 91 -
5.4.3	Kit Arduino.....	- 92 -
5.4.4	Conclusiones de prueba de usuario.....	- 95 -
6.	Conclusiones.....	- 97 -
7.	Futuras líneas de trabajo .....	- 100 -
8.	Glosario .....	- 102 -
	Referencias.....	- 104 -
	Anexos .....	- 107 -
	Anexo I. Planificación y desarrollo de tareas.....	- 107 -
	Anexo II. Presupuesto.....	- 112 -
	Coste de recursos humanos .....	- 112 -
	Coste material .....	- 113 -
	Coste informático .....	- 114 -
	Anexo III. Historia y contexto general de las artes marciales .....	- 117 -
	Anexo IV. Patentes relacionadas con las artes marciales.....	- 120 -
	Anexo V. Ficha de control.....	- 125 -
	Anexo VI. Diagramas de Clases.....	- 127 -
	Módulo de entrenamiento .....	- 128 -
	Módulo web .....	- 133 -
	Anexo VII. Control de Versiones .....	- 136 -
	Anexo VIII. Manual de usuario .....	- 140 -
	Módulo Entrenamiento .....	- 140 -
	Módulo WEB.....	- 142 -
	Anexo XIX. Manual de Referencia .....	- 147 -
	Elementos Arduino .....	- 147 -
	Módulo entrenamiento .....	- 148 -
	Módulo web .....	- 149 -
	Anexo X. Aprendizaje Automático (Machine Learning).....	- 151 -
	Anexo XI. Solicitud de Patente .....	- 154 -

## **Lista de tablas y figuras**

### **Ilustraciones**

Ilustración 1. Licencias deportivas España 2018[sacada de (CMD Sport, 2019)] .....	- 3 -
Ilustración 2. Modelo DAS[sacada de (Ingeniería de Software,1998)] .....	- 7 -
Ilustración 3. My Tai Chi Coaches Visión Gafas[sacada de [Ping-Hsuan Han, 1997]] .....	- 12 -
Ilustración 4. My Tai Chi Coaches Drone [sacado de (Ping-Hsuan Han,1997)].....	- 12 -
Ilustración 5. My Tai Chi Coaches Asistente [sacado de (Ping-Hsuan Han,1997)].....	- 13 -
Ilustración 6. Captura pantalla de aplicación Aikido 3D .....	- 14 -
Ilustración 7. Human Motion Capture [sacado de (Xiaowei Zhou, 2018)] .....	- 15 -
Ilustración 8. Mini dron y pads de aterrizaje.....	- 15 -
Ilustración 9. Phy + Aik .....	- 16 -
Ilustración 10. Mayweather Fitness + Boxing [sacado de (Men's Health, 2018)] .....	- 16 -
Ilustración 11. Material Chordata [imagen obtenida de www.consalud.es].....	- 17 -
Ilustración 12. Juego Creed [imagen del videojuego] .....	- 18 -
Ilustración 13. Misha Cirkunov sacado de [Ag. Fight(www.agfight.com)].	- 18 -
Ilustración 14. Sistema propuesto por mDurance [obtenida de TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la Medicina del deporte, Giménez 2017-2018] .....	- 19 -
Ilustración 15. Conexiones del wereable Shimmer3 EMG [obtenida de TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la Medicina del deporte, Giménez 2017-2018] .....	- 20 -
Ilustración 16. Sistema para supervisar pacientes con Parkinson [obtenida de TFG Sistema para la supervisión remota de actividad física mediante pulseras de sensores, Christian González García Muñoz y Alejandro Huertas Herrero, 2017-2018].....	- 20 -
Ilustración 17. Arquitectura interna sensor Texas Instrument [sacada de obtenida de TFG Sistema para la supervisión remota de actividad física mediante pulseras de sensores Christian González García Muñoz y Alejandro Huertas Herrero, 2017-2018].....	- 21 -
Ilustración 18. Hexiwear [sacado de obtenida de TFG Sistema para la supervisión remota de actividad física mediante pulseras de sensores, Christian González García Muñoz y Alejandro Huertas Herrero, 2017-2018] .....	- 22 -
Ilustración 19. Diseño General del TFM de Garrido (2017) .....	- 22 -
Ilustración 20. Casos de uso usuario aplicación [sacado de TFM de Garrido 2017].....	- 23 -
Ilustración 21. Ficha individual karateka [sacado TFM de Ana María Pardo 2019].....	- 24 -
Ilustración 22. Pantalla de visualización de kumite [sacado TFM de Ana María Pardo 2019] .....	- 24 -
Ilustración 23. Arquitectura técnica del sistema .....	- 25 -
Ilustración 24. Información que sale en la pantalla de la app.....	- 27 -
Ilustración 25. Edad y cinturón encuestados.....	- 32 -

Ilustración 26. Información específica de la aplicación .....	- 34 -
Ilustración 27. Parámetros importantes.....	- 34 -
Ilustración 28. Información específica importante de la aplicación .....	- 35 -
Ilustración 29. Dimensiones de los requisitos .....	- 36 -
Ilustración 30. Diseño arquitectónico Kumitrón .....	- 41 -
Ilustración 31. Módulo Entrenamiento Kumitron .....	- 42 -
Ilustración 32. Pulsioxímetro MakerHawk MAX30102.....	- 43 -
Ilustración 33. Giroscopio AZDelivery GY-521 MPU-6050.....	- 43 -
Ilustración 34. Módulo web Kumitrón.....	- 44 -
Ilustración 35. Servlets y JSP.....	- 45 -
Ilustración 36. Clases conceptuales Kumitrón .....	- 46 -
Ilustración 37. Modelo conceptual .....	- 47 -
Ilustración 38. Dron [sacada de www.amazon.es] .....	- 48 -
Ilustración 39. Auriculares [sacada de www.amazon.es] .....	- 48 -
Ilustración 40. Micrófono [sacada de www.amazon.es] .....	- 49 -
Ilustración 41. Placa Arduino [sacada de www.amazon.es .....	- 49 -
Ilustración 42. Pulsímetro [sacada de www.amazon.es].....	- 50 -
Ilustración 43. Giroscopio + Acelerómetro [sacada de www.amazon.es].....	- 50 -
Ilustración 44. Tatami Kumite [sacada de Normativa de competición de kumite y kata, Federación Española Karate 2019].....	- 51 -
Ilustración 45. Actores principales de los casos de uso.....	- 54 -
Ilustración 46. Casos de Uso.....	- 56 -
Ilustración 47. Diagrama teórico de un sistema.....	- 68 -
Ilustración 48. DSS Módulo de entrenamiento .....	- 69 -
Ilustración 49. DSS VisualizarCapturaKumite .....	- 70 -
Ilustración 50. Iconos de los diagramas de actividad .....	- 71 -
Ilustración 51. Diagrama de Aplicación entrenamiento kumite .....	72
Ilustración 52. Diagrama de Visualización Módulo Visualización.....	73
Ilustración 53. Paquetes de clases módulo entrenamiento .....	- 74 -
Ilustración 54. Paquetes de clases del módulo web.....	- 74 -
Ilustración 55. Diagrama de clases paquete comunicación.....	- 75 -
Ilustración 56. Diagrama de clases paquete main .....	- 75 -
Ilustración 57. Diagrama de clases paquete vista.videoprocessing .....	- 76 -
Ilustración 58. Diseño web de páginas .jsp.....	- 77 -
Ilustración 59. Diagrama de clases paquete bd.general.....	- 77 -
Ilustración 60. Kit Arduino Kumitrón .....	- 78 -
Ilustración 61. Pantalla del módulo de entrenamiento kumitron .....	- 79 -

Ilustración 62. Panel de un luchador .....	- 79 -
Ilustración 63. Fórmula física de la distancia.....	- 80 -
Ilustración 64. Vista de Canvas del vector de movimiento "Vector view" .....	- 81 -
Ilustración 65. Base de datos de Kumitron.....	- 83 -
Ilustración 66. Modelo MVC con las tecnologías aplicadas.....	- 84 -
Ilustración 67. Página principal web Kumitrón.....	- 84 -
Ilustración 68. Visión móvil de la página principal de Kumitrón .....	- 85 -
Ilustración 69. PG1 Realizar una comprobación del sistema.....	- 88 -
Ilustración 70. PG2 Comprobar funcionamiento BBDD.....	- 88 -
Ilustración 71. PG3 Chequear manual usuario .....	- 88 -
Ilustración 72. PE1 Comprobar que el hardware vía WIFI conecta con el PC.....	- 88 -
Ilustración 73. PE2 Comprobar que se reciben los datos de vídeo, pulso y aceleración.....	- 88 -
Ilustración 74. PE3 Comprobar sistema de voz .....	- 89 -
Ilustración 75. PE4 Comprobar que se graban los datos en la base de datos .....	- 89 -
Ilustración 76. PE5 Comprobar que la BBDD graba datos de los 2 karatekas .....	- 89 -
Ilustración 77. PW1 Comprobar que un visitante puede acceder como invitado .....	- 89 -
Ilustración 78. PW2 Registrarse en el sistema.....	- 90 -
Ilustración 79. PW3 Comprobar que un usuario ya registrado puede acceder con Logging + Password -	90 -
Ilustración 80. PW4 Comprobar que un visitante puede registrarse como usuario .....	- 90 -
Ilustración 81. PW5 Comprobar que varios usuarios pueden hacer los pasos anteriores concurrentemente sin conflictos.....	- 90 -
Ilustración 82. PW6 Comprobar contenido Área maestro y alumno .....	- 90 -
Ilustración 83. PW7 Comprobar compatibilidad de Sistemas operativos y navegadores .....	- 91 -
Ilustración 84. Conexión WIFI Arduino Kumitrón "Elvis" .....	- 91 -
Ilustración 85. Puñetazo bien lanzado analizado con algoritmo Motion Detection de la librería OpenCV ..-	92 -
Ilustración 86. Puñetazo mal lanzado analizado con algoritmo Motion Detection de la librería OpenCV ...-	92 -
Ilustración 87. Simulación de kumite con la aplicación Kumitrón.....	- 93 -
Ilustración 88. Archivo .csv generado por la sesión .....	- 93 -
Ilustración 89. Archivo convertido a .xls desde el .csv de sesión Kumitrón .....	- 94 -
Ilustración 90. Lyoto Machida campeón de la UFC .....	- 119 -
Ilustración 91. Diagrama de paquetes de clases de módulo de entrenamiento .....	- 127 -
Ilustración 92. Diagramas de paquetes de clases de módulo web.....	- 127 -
Ilustración 93. Diagrama de clases paquete bd.general.....	- 128 -
Ilustración 94. Diagrama de clase de paquete bd.nbpstgreSQLbd.....	- 128 -
Ilustración 95. Diagrama de clases de paquete comunicación.....	- 129 -

Ilustración 96. Diagrama de clases de paquete class.control.....	- 129 -
Ilustración 97. Diagrama de clases de paquete main.....	- 130 -
Ilustración 98. Diagrama de clases de paquete Vista.....	- 131 -
Ilustración 99. Diagrama de clases paquete vista.px3DvectorCanvas.....	- 132 -
Ilustración 100. Diagrama de clases pquete vista.videoprocessing .....	- 132 -
Ilustración 101. Diagrama web de .jsp .....	- 133 -
Ilustración 102. Diagrama de clases paquete accionesServlet.....	- 133 -
Ilustración 103. Diagrama de clases paquete servlet.....	- 134 -
Ilustración 104. Aplicación entrenamiento Kumitrón .....	- 140 -
Ilustración 105. Notificación de conexión TCP placa de Arduino con la aplicación.....	- 140 -
Ilustración 106. Mensaje de selección de karateka del listado .....	- 141 -
Ilustración 107. Botón Start Recording para inicio de sesión entrenamiento.....	- 141 -
Ilustración 108. Botón Stop recording para finalizar sesión.....	- 141 -
Ilustración 109. Vector de módulo y dirección del acelerómetro y giroscopio.....	- 142 -
Ilustración 110. Filtro vídeo JavaCV Motion Detection .....	- 142 -
Ilustración 111. Página principal web Kumitrón.....	- 143 -
Ilustración 112. Panel navegación superior web Kumitrón.....	- 143 -
Ilustración 113. Formulario de logging para usuarios registrados web Kumitrón .....	- 144 -
Ilustración 114. Formulario registro web Kumitrón .....	- 144 -
Ilustración 115. Secciones del Área Alumno web Kumitrón.....	- 145 -
Ilustración 116. Secciones del Área Maestro web Kumitrón.....	- 145 -
Ilustración 117. Vista del IDE Arduino cargando el programa.....	- 148 -

## Tablas

Tabla 1. Comparación de sistemas analizados comparados a Kumitrón.....	- 30 -
Tabla 2. Comparación pregunta cuestionario sacado de [Google Forms].....	- 33 -
Tabla 3. Comparación pregunta cuestionario sacado de [Google Forms].....	- 33 -
Tabla 4. Comparación pregunta cuestionario sacado de [Google Forms].....	- 33 -
Tabla 5. Requisitos Funcionales de Kumitrón.....	- 38 -
Tabla 6. Requisitos no funcionales de Kumitrón .....	- 39 -
Tabla 7. Sistemas monitorización Sensorial .....	- 53 -
Tabla 8. UC1 Darse de alta en el sistema (sólo la primera vez) .....	- 57 -
Tabla 9. UC2 Loggearse en el sistema .....	- 58 -
Tabla 10. UC3 Gestionar datos personales.....	- 58 -
Tabla 11.UC4 Salir del sistema .....	- 59 -
Tabla 12. UC5 Crear sesión de monitorización .....	- 60 -
Tabla 13. UC6 Indicar el tipo de ejercicio a monitorizar.....	- 60 -
Tabla 14. UC7 Indicar en nº de participante que se es, asignándolo a una sesión creada y activa.....	- 61 -
Tabla 15. UC8 Lanzar el sistema para que monitorice a los usuarios activos en la sesión .....	- 62 -
Tabla 16. UC9 Parar la monitorización de la sesión y grabar datos .....	- 63 -
Tabla 17. UC10 Consultar la información de una sesión grabada .....	- 63 -
Tabla 18. UC11 Solicitar informe en PDF con un resumen de los indicadores obtenidos en la sesión ..	- 64 -
Tabla 19. UC12 Calibrar sensores .....	- 65 -
Tabla 20. UC13 indicar qué datos de los enviados por los sensores son enviados por los algoritmos ..	- 66 -
Tabla 21. UC14 Configurar algoritmos para calcular los indicadores .....	- 66 -
Tabla 22. UC15 Modificar la información que se muestra en la interfaz .....	- 67 -
Tabla 23. UC16 Mantenimiento de la base de datos .....	- 67 -
Tabla 24. Gráfico de los datos de la sesión de los sensores de la aplicación Kumitron .....	- 94 -
Tabla 25. Datos de la temperatura y pulso de la sesión.....	- 95 -
Tabla 26. Estimación de esfuerzo .....	- 107 -
Tabla 27. Calendario.....	- 107 -
Tabla 28. Checklist .....	- 108 -
Tabla 29. Checklist (cont.) .....	- 109 -
Tabla 30. Actividades.....	- 110 -
Tabla 31. Diagrama Gantt proyecto .....	- 110 -
Tabla 32. Roles y tiempo dedicados .....	- 113 -
Tabla 33. Coste Mano de obra .....	- 113 -
Tabla 34. Coste hardware inventariable.....	- 113 -

Tabla 35. Coste hardware fungible.....	- 114 -
Tabla 36. Coste otro material .....	- 114 -
Tabla 37. Coste programas informáticos.....	- 114 -
Tabla 38. Importe del proyecto .....	- 115 -
Tabla 39. Patentes relacionadas con las artes marciales .....	- 123 -
Tabla 40. Ficha de control de hardware para entrenamiento.....	- 125 -

## 1. Introducción

El nombre de “Artes Marciales” es relativamente nuevo, se da en Oriente en el siglo XIV, pero el concepto data aproximadamente del año 2.100 antes de Cristo en toda la región del extremo Oriente: China, Japón y Corea.

En la región oriental, la mayoría de los países de esta zona han estado desarrollando sistemas de lucha cuerpo a cuerpo tanto para sus milicias profesionales como para la población que tenía que defender sus tierras y salir en conquista. Estos orígenes milenarios aún continúan intactos en países como China, Japón y Corea del Sur por la cultura y estilos de vida de estos países.

Las artes marciales han ido ganando adeptos en los últimos 30 años, más si cabe con el boom de los campeonatos de artes marciales mixtas (MMA en inglés). La UFC es un campeonato que mueve muchos millones de dólares y que tiene millones de adeptos tanto en Estados Unidos como en el resto del mundo. De ahí que incluso grandes boxeadores como Floyd Mayweather hayan participado en este espectáculo de artes marciales. Grandes deportistas como Cristiano Ronaldo también han entrenado con campeones como Connor McGregor.

Una de las principales razones para escoger las artes marciales como base para el desarrollo de un sistema en este Proyecto Fin de Grado (PFG), es que éstas dan un contexto de estudio en el que los practicantes deben ejecutar movimientos predefinidos (con lo cual tenemos patrones claros para modelar y contra los que comparar) (Santos O. , 2017). Estos movimientos siguen las leyes de Física (Santos & Corbí, Can Aikido Help With the Comprehension of Physics? A First Step Towards the Design of Intelligent Psychomotor Systems for STEAM Kinesthetic Learning Scenarios. In IEEE Access, vol. 7, pp. 176458-176469, 2019) Además, estos movimientos tienen que ser repetidos una y otra vez de forma indefinida para irlos mejorando, siendo por tanto necesario sistemas que monitorizan y modelan la ejecución de dichas técnicas para poder analizar los avances.

Para entender los sistemas de artes marciales puros que se practican en la actualidad, vamos a analizar las artes marciales puras, que son aquellas que están desarrolladas por un fundador y tiene ya organizadas sus técnicas en base a la estructura originaria que se hizo del sistema. Son tradicionales porque respetan su origen y mantienen sus técnicas a través de la transmisión del sistema de generación en generación. Existe una división principal que separa las artes marciales en dos (Wikipedia, 2019), con armas y sin armas.

- **Con armas:** Aquellos estilos de combate que usan armas para el combate. Son numerosos y tiene su origen tanto en Occidente como en Oriente. Como, por ejemplo: *Kobudo, Esgrima española y Kali eskrima*.
- **Sin armas:** Son los estilos que pelean a mano vacía. Existen diferentes criterios de clasificación de los diferentes estilos, según criterios de las MMA (expertoMMA, 2018):
  - Grappling: El grappling, traducido al castellano como "agarres", se refiere a todos aquellos sistemas de lucha cuerpo a cuerpo que no involucran golpes para vencer al rival, sino que se utilizan técnicas de derribo, de posición o sumisión para conseguir puntos o forzar su rendición. Destacan hoy en día. *Judo, Sambo, BJJ y Lucha Olímpica*.
  - Golpeo (kickers): Los estilos de golpeo principales son los siguientes: Muay Thai, Boxeo, Jeet Kune Do, Taekwondo, Kick Boxing, Karate...

**Otro criterio** por el que se clasifican las artes marciales sin armas, y que tienen en cuenta la Física que hay por debajo<sup>1</sup>, es (Wikipedia, 2019):

- Hard o estilo duro: centrado en el ataque, como, por ejemplo, el Karate, y en donde los movimientos son principalmente ataques lineales y, por tanto, aprovechan los conceptos de la Física asociados al movimiento rectilíneo.

---

<sup>1</sup> Para más información sobre la relación de las artes marciales con la Física puede consultarse Physic Learnings and Aikido: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8924699>

- Soft o estilo blando: centrado en la defensa, como el Aikido, y en donde los movimientos son principalmente respuestas a los ataques lineales que se reciben mediante la realización de movimientos circulares para salirse de la trayectoria de ataque y reconducir la fuerza del ataque hacia el propio atacante., y, por tanto, aprovechan los conceptos de la Física asociados al movimiento circular.

En este Proyecto Fin de Grado (PFG) nos vamos a centrar en el Karate. El Karate es un estilo marcial de golpeo japonés, centrado en la realización de ataques lineales. Muy popular en los 80 por las películas de Bruce Lee. Más información sobre la historia de las artes marciales se incluye en el Anexo I.

El Karate, designado oficialmente como Karate-do (camino de la palma vacía) es una de las artes marciales más reconocidas y difundidas a nivel mundial. Los orígenes sobre este estilo de combate datan del siglo XVI en las islas Ryūkyū, conocidas actualmente como Okinawa.

La primera escuela y estilo que se conoce es el Karate-do Shotokan, el cual fue creado por Gichin Funakoshi, en compañía de su hijo Yoshitaka Funakoshi, desde finales del siglo XIX a comienzos del siglo XX.

Los cinco estilos de karate-Do más tradicionales y conocidos desarrollados en Japón son: Shotokan, Gensei-ryu, Wado-ryu, Shito-ryu, y Goju-ryu (Wikipedia, 2020).

## 1.1 Problema

La adopción de las artes marciales por la sociedad es cada vez mayor y, por tanto, la demanda de esta actividad cada vez es mayor. Hoy en día casi todo el mundo, sobre todo en el ámbito de la práctica de actividad física, ha escuchado términos como Muay Thai y MMA. Si hace años las artes marciales eran una actividad de nicho, ahora todo ha cambiado, incluso se practican en gimnasios convencionales donde van todo tipo de perfiles sociales, desde albañiles hasta ejecutivos. La página de Martial Tribes (Martial Tribes, 2018) así lo corrobora. Tienen más seguidores en Facebook que cualquier federación de España (incluyendo la de fútbol, RFEF, con 455.000 seguidores) o ligas tan importantes como la ACB (221.000 seguidores) o NBA Spain (448.000). Según un artículo del Confidencial en 2017 tenían ya 1.596.000 seguidores (El Confidencial, 2017).

En España las licencias de artes marciales se han disparado en los últimos años. Entre las actividades deportivas que se recogen en la ilustración 1, puede observarse la posición del Karate y Judo respecto a deportes de masa como el fútbol o el baloncesto según los datos de 2018.

Para el desarrollo del PFG, se asumirá el Karate como un deporte, a pesar de ser conscientes de que puede tener una dimensión diferente a la del deporte. Ya que el PFG consiste en monitorizar la actividad de Kumite, se va a tratar el Karate como una actividad deportiva, obviando la dimensión espiritual y marcial. Para un análisis más profundo de las diferencias entre arte marcial y deporte, convendría adentrarse en la lectura del documento “Training of psychomotor adaptation – a key factor in teaching self-defence” (Harasymowicz & Roman M., 2005).

DEPORTE	FEDERADOS 2018	% DEL TOTAL DE FEDERADOS
1. FÚTBOL	1.063.090	27,5
2. BALONCESTO	385.110	10
3. CAZA	317.065	8,2
4. GOLF	270.996	7
5. MONTAÑA Y ESCALADA	233.161	6
6. JUDO	105.206	2,7
7. BALONMANO	99.185	2,6
8. ATLETISMO	85.401	2,2
9. VOLEIBOL	84.645	2,2
10. TENIS	78.100	2
11. CICLISMO	75.680	2
12. KARATE	72.910	1,9

*Ilustración 1. Licencias deportivas España 2018[sacada de (CMD Sport, 2019)]*

A pesar de que hoy en día todavía el Karate sigue siendo un deporte minoritario, ya empieza a tener cierto peso y respeto en la sociedad. De hecho, el Karate suma 72.910 licencias (Sport, 2019). Esto significa un 1,9% del total de licencias deportivas en nuestro país (2018). La Comunidad de Madrid es la primera en número de licencias con un total de 17.860 (Statista, 2019). Cabe destacar que el Karate va a ser olímpico en Japón, con lo que se presume pueda sufrir un boom de licencias.

Podemos observar que la afición por las artes marciales se incrementa y que cada vez son más sus practicantes. Sin embargo, las artes marciales son muy exigentes, y requieren mucha constancia por parte del alumno para poder seguir avanzando en el sistema de clasificación. Hay que comentar que el llegar a cinturón negro (que para alguien no metido en el mundillo puede parecer haber llegado al objetivo), desde el punto de vista de los practicantes de artes marciales no es más que haber conseguido un mínimo dominio del arte, otorgándosele un 1º Dan o nivel, que puede seguir subiendo tras décadas de práctica constante (y rara vez se llega al hasta el décimo dan). Un símil académico sería comparar la defensa de la Tesis Doctoral con la obtención del cinturón con el 1º Dan, y los siguientes “danes” con la experiencia que se consigue en los siguientes proyectos de investigación, a más experiencia, puedes convertirte en maestro de artes marciales y dirigir proyectos de investigación, respectivamente.

Por desgracia, el estilo de vida que llevamos por el contrario muchas veces impide que el alumno pueda acudir a las clases de artes marciales con regularidad, por lo que no puede avanzar en el sistema todo lo que le gustaría. Es por ello por lo que en principio se entiende que pueda haber un nicho de mercado de autoaprendizaje mediado por la tecnología.

Los métodos didácticos que existen hoy en día se basan en la asistencia a clase con un maestro (o sensei), al que en muchas ocasiones hay que copiar e imitar los movimientos que realiza. Existen hoy en día gran cantidad de medios audiovisuales que permiten el aprendizaje individual, pero este tipo de material sigue teniendo pegas a la hora de un correcto aprendizaje por el alumno, ya que se limitan a audio y video que uno puede reproducir en pantalla. Lo cual en general es poco útil para el aprendizaje personal y en ningún caso se recibe una guía de si los movimientos se ejecutan correctamente o no, y cómo mejorar (y evitar

lesiones). En la era de la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas, el Big Data, la realidad virtual y los robots parece que se pueden aportar soluciones innovadoras a una comunidad en auge y con ganas de aprender y avanzar en su estilo marcial.

De hecho, en la comunidad científica ya se están empezando a plantear este tipo de posibilidades (Santos O. , 2017). En dicho artículo se recoge la oportunidad de profundizar en la aplicación del aprendizaje de las habilidades motoras para los practicantes de artes marciales por la comunidad UMAP (*User Modelling, Adaptation and Personalization*, que se articula en torno a un congreso del mismo nombre que se celebra anualmente y que está indexado en SCIE). El artículo identifica algunos aspectos de interés, como parámetros posibles a ser recogidos para la entrega de feedback que ayude al practicante a mejorar la ejecución de la técnica: respiración, energía consumida, explosividad, aceleración, posición correcta... Además, en dicho artículo se analiza el trabajo hecho hasta ahora y se destacan los dos siguientes retos:

- Mejorar el modelado de movimientos por parejas, por ejemplo, en combate, ya que actualmente la investigación se centra en detección postural o de movimientos de golpeo, pero no en la ejecución de técnicas entre dos practicantes.
- Mejorar el diseño interactivo para hacer más realista el entorno virtual, construyendo entornos inteligentes que ofrezcan feedback multisensorial que incluya otros canales más allá de la visualización de las técnicas, como puede ser el auditivo (mediante comandos de voz) y el táctil (bien mediante vibración o guiando los movimientos directamente).

Analizando toda la información anteriormente expuesta, por un lado, una comunidad marcial creciente y con necesidades de formación, y por otro una comunidad científica con herramientas útiles para poder satisfacer estas necesidades, me adentré a investigar la posibilidad de crear una herramienta útil y práctica. Yo también soy apasionado de las artes marciales, llevando muchos años entrenando Karate (cinturón verde) y Wing Tsung (8º grado alumno) principalmente. Las películas de Bruce Lee tuvieron mucha influencia en mí y en otra mucha gente de mi época.

#### ***Elección del Karate como arte marcial para el desarrollo del PFG***

La elección del Karate para el PFG se basa en varios aspectos. En concreto, y a modo de resumen:

- Gran comunidad mundial y estatal. Más de 50 millones alrededor del mundo y cerca de 65.000 licencias en toda España.
- Grandes campeones mundiales de Karate en España, como Damián Quintero y Sandra Sánchez, por lo que somos una potencia del deporte.
- El Karate como arte marcial de sobra conocido en el circuito UFC con grandes campeones como Lyoto Machida.
- Conocimiento personal del sistema por haber sido practicante de esta disciplina.
- Arte marcial que puede resultar muy apto para realizar el trabajo de campo por el estilo de enseñanza a través de katas (movimientos libres) y kumite (combate por parejas). Especialmente el entrenamiento de los kumites permite abordar uno los retos identificados en (Santos O. , 2017).
- El Karate va a ser un deporte olímpico en Tokyo 2021, lo que se presume le dé un hype muy alto al sistema.

### 1.1.1 Objetivos del PFG

#### A. *Objetivo global*

El objetivo global de este PFG es:

*Diseñar un sistema de inteligencia Artificial capaz de desarrollar estrategias y aportar soluciones inteligentes en tiempo real a la práctica de combate de artes marciales en general, y Karate en particular.*

Más concretamente, este PFG consiste en realizar un sistema, denominado KUMITRÓN, que recoja y sincronice en tiempo real información que le envíen diversos dispositivos, incluyendo un dron de interior (o mini drone) y un wearable con acelerómetro y sensor de pulsaciones (p.e., una pulsera inteligente). Los datos recogidos y sincronizados serán i) presentados de forma visual al usuario para que pueda tanto analizarlos como etiquetarlos, y ii) entregados a un módulo inteligente que implemente algoritmos de aprendizaje automático que puedan inferir indicadores de interés que sirvan para ofrecer una respuesta personalizada. El entrenamiento de estos algoritmos requiere un uso intensivo del sistema por diversos usuarios, por lo que se queda fuera del alcance del PFG, pero podría ser el objetivo del Trabajo Fin de Máster del Máster Universitario en Investigación en Inteligencia Artificial de la UNED (UNED, 2019) que voy realizar el próximo curso.

De esta manera, con el sistema KUMITRÓN se pretende modelar, a través del video grabado por un mini dron y enriquecido síncronamente con información fisiológica e inercial, diferentes parámetros de la actividad que se realiza durante la ejecución de un kumite o combate en Karate, en donde dos personas realizan de forma combinada técnicas de ataque y defensa definidas en el arte marcial Karate. El sistema KUMITRÓN permitirá comparar de forma visual dichas trazas enriquecidas mostrando la actividad de los dos participantes en el combate, así como obtener indicadores de dicha actividad que sirvan para ofrecer un soporte personalizado que ayude a los practicantes a mejorar su técnica tanto en la ejecución individual de los movimientos como en su interacción con el otro practicante. Además, indicará al practicante la mejor opción de combate en función del contexto particular de su actividad. Para ello, habrá que dotar de herramientas de comunicación entre los alumnos y el maestro (o entrenador), para que en tiempo real el maestro pueda dar indicaciones de combate según la información recibida y enriquecida por el sistema.

#### B. *Objetivos específicos*

- Construir un sistema que recoja a través de diversas fuentes información postural y de los movimientos que se realizan en un kumite, así como el estado fisiológico relacionado con los movimientos realizados.
- Obtener información monitorizada de valores físicos y fisiológicos de cada practicante en forma de indicadores para identificar criterios para la entrega de retroalimentación personalizada.
- Relacionar la ejecución de los movimientos de cada practicante con las variaciones de los indicadores obtenidos, tanto para potenciar aquellos movimientos que son correctos como evitar los que pueden producir lesiones.
- Facilitar el etiquetado temporal de la actividad realizada por los practicantes para poder entrenar los algoritmos de aprendizaje automático, de forma que dichos indicadores puedan calcularse de forma dinámica y adaptarse a la evolución de los practicantes.
- Permitir analizar de forma simultánea la interacción de dos practicantes durante un kumite.
- Plantear futuros estudios que relacionen los movimientos y la respiración, tan importante en el Karate, así como aprender a controlar el estado afectivo a la hora de participar en un kumite.

## 1.2 Metodología de desarrollo

Para poder desarrollar el PFG, se van a seguir los siguientes pasos.

- Tomar como punto de partida la propuesta definida en el anteproyecto del PFG y a partir de ello:
  - Estudiar tanto el estado del arte como el mercado para identificar sistemas existentes para el análisis de movimientos en el ámbito de las artes marciales con especial atención al caso de los kumites en Karate.
  - Buscar patentes relacionadas.
  - Estudio de diversas soluciones técnicas alternativas para resolver el problema propuesto, probando los componentes que vayan a integrarse en la solución propuesta.
- En base a todo lo anterior, refinar el objetivo del PFG si fuera necesario para proponer una idea novedosa y con actividad inventiva para el sistema *KUMITRÓN*, y plantear su patentabilidad a través de la OTRI de la UNED.
- Montar un sistema de gestión de la configuración (incluyendo un sistema de control de versiones) para dar soporte al desarrollo del proyecto. Este control de versiones se incluirá en la parte de Manual de referencia.
- Aplicar técnicas de diseño centrado en el usuario a lo largo de todo el proceso. Para ello se realizarán cuestionarios a alumnos y maestros de Karate.
- Analizar y definir los requisitos de usuario del sistema *KUMITRÓN*, elaborando los correspondientes diagramas en UML.
- Analizar y definir los requisitos del sistema *KUMITRÓN*, elaborando los correspondientes diagramas en UML.
- Realizar el análisis funcional y definir la arquitectura del sistema *KUMITRÓN*, elaborando los correspondientes diagramas en UML. Debe incluir:
  - sincronización de señales.
  - modelo de datos.
  - interfaz de comunicación genérica del sistema que permita la integración de cualquier dispositivo (previo desarrollo del correspondiente adaptador).
  - configuración y ejecución de algoritmos de aprendizaje automático.
- Desarrollar el sistema *KUMITRÓN* en base a las especificaciones anteriores.
- Elaborar manual de usuario y manual de referencia para el desarrollador.
- Elaborar plan de pruebas, incluyendo alfa y beta, así como evaluaciones con usuarios.
- Ejecutar el plan de pruebas y analizar resultados, interpretándolos con relación a la interacción en un kumite.
- Realizar un seguimiento detallado de los costes que ha supuesto el proyecto.
- Elaborar la memoria detallando el trabajo realizado desde la identificación del problema hasta la validación de la solución, presentando las conclusiones obtenidas y planteando futuras líneas de trabajo.
- Preparar la presentación para defender ante un tribunal el trabajo realizado.

En relación con los antecedentes, conviene añadir que el PFG está enmarcado en la colaboración que la directora del PFG mantiene con la empresa Idavinci para la transferencia de conocimiento sobre personalización del aprendizaje psico-motor en el ámbito del Karate. Además, el proporcionar la infraestructura para el análisis del estado afectivo durante el entrenamiento de los kumites puede tener cabida en la investigación que se está desarrollando en el proyecto INT<sup>2</sup>AFF (INTelligent INTra-subject development approach to improve actions in AFFect-aware adaptive educational systems) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-102279-B-I00) en el que la Directora de este PFG es co-IP (investigadora principal).

### 1.2.1 Modelo general del proceso

Al inicio del PFG se realiza un Anteproyecto con una planificación temporal de las 3 fases principales: 1) Análisis y Diseño, 2) Codificación y 3) Pruebas. El diagrama temporal se lanza con un diagrama en cascada, aunque solapando el final de una fase con el inicio de la siguiente.

Para evitar el defecto principal del modelo, que es el presentar al final un sistema no válido o con errores, por no haber sufrido revisiones y modificaciones continuas, se le dota de características de los Modelos Agiles. Para ello, se abre un canal de comunicación entre el alumno y la directora del PFG, tal que se programa una comunicación continua de trabajo, en base a pequeños incrementos y decisiones sobre el PFG.

Esto se hace principalmente por las siguientes suposiciones:

1. La dificultad de predecir qué requerimientos de software persistirán y cuáles cambiarán, al tratarse en este caso de un desarrollo que pretende dar respuesta a una necesidad existente en el estado del arte y sobre el que no hay desarrollos previos que puedan tomarse como guía.
2. Para muchos tipos de software el diseño y la construcción deben ejecutarse en forma simultánea. Esto es así en este caso porque el software, como todos los sistemas complejos, evoluciona en el tiempo. Es frecuente que los requerimientos del negocio y del producto cambien conforme avanza el desarrollo, lo que hace que no sea realista trazar una trayectoria rectilínea hacia el producto final.
3. El análisis, el diseño, la construcción y las pruebas no son tan predecibles como se piensa. De hecho, en este caso, los requerimientos de usuario pueden tener diferentes soluciones técnicas, que conviene explorar y valorar la idoneidad de cada una de ellas. Para ello es necesario realizar diferentes pruebas de campo.

Para que el desarrollo del sistema se realice de una forma ágil, es necesario un feedback continuo del trabajo que se está realizando entre los diferentes agentes implicados en el proyecto (alumno, directora, usuarios...). Y este ha sido el pilar del trabajo del PFG, al estilo de un modelo DAS.

El Desarrollo Adaptativo de Software (DAS) fue propuesto por Jim Highsmith, como una técnica para elaborar software y sistemas complejos. Los fundamentos filosóficos del DAS se centran en la colaboración humana y en la organización propia del equipo (Pressman, 1998).

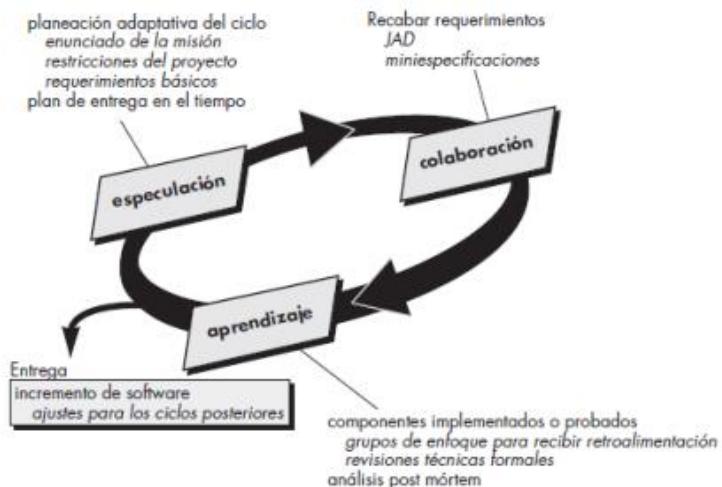


Ilustración 2. Modelo DAS[sacada de (Ingeniería de Software,1998)]

### 1.2.2 Herramientas generales para el desarrollo del PFG

Para el desarrollo de este proyecto se usarán las siguientes herramientas de hardware y software, que son generales a cualquier proyecto informático. Además, en el apartado 3.4 se concretan las aplicaciones específicas que han sido necesarias para llevar a cabo el PFG según los requisitos especificados más adelante.

#### *Herramientas hardware*

##### **PC Sobremesa**

HP Pavilion Gaming Desktop 690-00xx. Procesador: Intel Core i5-8400 CPU 2.80GHz 2.81 GHz. RAM Instalada: 8.00 GB (7.87 GB usable). Tipo de Sistema: Sistema Operativo de 64 bits. Procesador de 64 bits.

#### *Herramientas software*

Para el desarrollo del PFG, se han usado muchos programas diferentes, algunos de pago y otros libres. El de pago ha sido el sistema operativo Windows, que hoy en día sigue siendo el más popular y con el que más cómodo me siento a la hora de trabajar.

### **SISTEMAS OPERATIVOS**

Para la realización de la programación evidentemente se ha necesitado Windows 10 como sistema operativo que ha soportado los diferentes IDE-s, gestores de bases de datos y lenguajes utilizados.

#### **Windows 10**

Windows es el Sistema Operativo de Microsoft que es utilizado por ordenadores personales. La versión de Windows utilizada es la 10. El sistema operativo Windows 10 Home 64bits es la última versión del sistema operativo de Microsoft.

La principal razón de uso de Windows es su popularidad y facilidad de uso frente a otros sistemas operativos. Además, es compatible con prácticamente todos los programas necesarios para cualquier actividad de programación.

### **ENTORNOS DE DESARROLLO (IDEs)**

Para el desarrollo de la programación del proyecto, se ha seleccionado el IDE NetBeans, que es un IDE muy potente propiedad de Oracle.

La elección de un IDE (Entorno de desarrollo integrado) frente a un editor de texto simple se debe a las opciones de programación potentes y variadas que ofrece. Una herramienta básica es las opciones de depuración para comprobar la correcta codificación del programa.

#### **NetBeans 8.2**

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java, aunque también soporta PHP, HTML5, XML, CSS, JavaScript. Existe además un número importante de módulos para extenderlo. NetBeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. La versión con la que se ha desarrollado el proyecto es la 8.2. Una de las novedades de esta versión es la incorporación de los contenedores Docker, pudiendo configurarlos totalmente a través de la sintaxis.

### **GESTOR DE BASES DE DATOS**

El gestor de BBDD es fundamental para este proyecto, ya que es necesaria para el control de los usuarios y los diferentes datos que se asocian a cada uno de ellos. Estos datos deben ser capaces de ser almacenados en la base de datos por el programa de monitorización, para posteriormente ser visualizados por los diferentes usuarios.

## **pgAdmin4**

Es probablemente el gestor de PostgreSQL más conocido y utilizado del mundo. Es fácil de utilizar, intuitivo y compatible con gran cantidad de sistemas operativos, además claro de ser gratuito. Estas características han hecho que se vuelva una de las herramientas más utilizadas a la hora de administrar bases de datos en PostgreSQL. Inicialmente era conocido como pgManager, pero con el paso del tiempo cambió de nombre. Su versión más reciente es pgAdmin4 y podemos correrlo en diversos entornos como Windows, Linux y macOS.

## **LENGUAJES**

Para el desarrollo de proyecto, van a ser necesarios varios lenguajes, ya que con cada uno de ellos se realizan diferentes funciones. El lenguaje Java servirá la monitorización de la actividad y el control de la aplicación. Con PostgreSQL podemos almacenar la información generada por el sistema, y a través de Bootstrap se podrá visualizar y tener acceso a dichos datos.

### **Java**

Lenguaje de programación de propósito general, comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystems. Es un lenguaje para el desarrollo de aplicaciones de disparidad de alcance de entornos, tanto para consumidores como empresas. Es un lenguaje rápido, seguro y fiable. Es independiente de plataforma y orientado a objetos. Sun describe Java con las siguientes características: Simple, Orientado a Objetos, Tipado estáticamente, Distribuido, Interpretado, Robusto, Seguro, De Arquitectura Neutral, Multihilo, con Recolector de basura (Garbage Collector), Portable, de Alto Rendimiento: sobre todo con la aparición de hardware especializado y mejor software, y Dinámico.

### **PostgreSQL**

Lenguaje de consultas para el gestor de base de datos relacional Postgres. Ha sido desarrollado a través de código abierto. Su mantenimiento se produce por el apoyo de la comunidad de diferentes desarrolladores, colaboradores y organizaciones de forma altruista y está diseñado de forma que sea fácil de usar por medio de paneles con PgAdmin. Entre sus características destaca que es **multiplataforma** por lo que puede correr bajo distintos entornos y sistemas operativos, además es compatible con Apache, Nginx y LiteSpeed por mencionar algunos. Además, **puede manejar un gran volumen de datos** y ofrece **soporte total de ACID, que son las siglas en inglés que hacen referencia** a la atomicidad, consistencia, aislamiento y durabilidad de las transacciones que se realizan en una base de datos.

### **Bootstrap**

Bootstrap es **uno de los frameworks (HTML5 +CSS + JavaScript) de código abierto más conocidos y más utilizado** en el mundo del desarrollo web, entre otras cosas por la amplia documentación que ofrece, así como su **facilidad de uso**, tanto a la hora de crear contenido como en el momento de subir archivos como imágenes o vídeos. Este framework facilita la maquetación de páginas web, ya que permite crear una interfaz muy limpia y completamente *responsive*, es decir, adaptable a cualquier tamaño de pantalla. Además, ofrece tantas herramientas y funcionalidades que permiten crear una web desde cero muy fácilmente. No existen problemas de incompatibilidad con los principales navegadores (Firefox, Google Chrome, Internet Explorer, Opera o Internet Explorer). Además, integra **librerías JavaScript** con tipografías, botones, cuadros, etc. **Utiliza un sistema grid**, es decir, un sistema de cuadrículas (rejillas) que permite crear el diseño de una web insertando el contenido en bloques o columnas.

## **1.3 Utilización de los conocimientos adquiridos en el Grado**

El grado de informática me ha permitido dotarme de herramientas técnicas clave para poder desarrollar un proyecto de este calibre. A continuación las agruparé y describiré las principales.

### 1.3.1 Planificación y gestión

Para la parte de análisis y diseño del proyecto, han sido claves las asignaturas siguientes:

- Asignaturas del departamento de Ingeniería del software y sistemas informáticos. Las asignaturas de este departamento como Sistemas de software y Gestión de proyectos informáticos han sido muy importantes para poder usar herramientas de planificación de un proyecto. A destacar:
  - Introducción a la ingeniería de software, Gestión de proyecto informáticos y Diseño de software.

### 1.3.2 Para la parte legal y económica

Destacaría 2 asignaturas principales:

- Gestión de empresas informáticas, Ética y legislación.

### 1.3.3 Para la parte de codificación

Todas las asignaturas de programación además de las de ciencias:

- Programación orientada a objetos.
- Estructuras de datos
- Bases de datos.
- Matemáticas
- Lógica
- ...

### 1.3.4 Para la parte de hardware

Destacaría las Ingeniería de computadores en general además de las de ciencias.

- Sistemas digitales.
- Ingeniería de computadores.
- Física.

### 1.3.5 Para la parte de Inteligencia artificial

- Fundamentos de inteligencia artificial.
- Procesadores lenguaje.
- Lógica.
- Aprendizaje automático.

## 1.4 Estructura de la memoria

La memoria viene estructurada con una pequeña introducción sobre el objeto a ser tratado y acerca del porqué de tratar ese objeto para el PFG. Al tratarse de un PFG sobre el Karate, la introducción hace hincapié en un pequeño repaso histórico y didáctico sobre las artes marciales en general.

Posteriormente, en el Capítulo 2, se hace una revisión del estado del arte a nivel tecnológico, para analizar si existen sistemas similares y qué otros sistemas pueden tomarse como inspiración para este desarrollo. Para ello se aportan soluciones de otras organizaciones que podemos encontrar a través de un rastreo intensivo en la web. Se ha buscado también literatura científica, por ejemplo, con Google Scholar, y patentes relacionadas.

Una vez ya hecho este análisis inicial, entraríamos ya en arena técnica. En el Capítulo 3 se realiza el planteamiento técnico siguiendo un enfoque de diseño centrado en el usuario para refinar si fuera necesario los objetivos definidos inicialmente, y concretarlos formalmente mediante descripciones en UML. Así se trabajarían aspectos como requisitos de usuario, análisis del diseño, arquitectura, casos de uso...

Sigue la implementación de la solución técnica en el Capítulo 4, con el código en soporte informático adecuado, un CD-DVD por un lado, y en función de si es patentable o no se publicará en GitHub. Se incluyen los correspondientes manuales de usuario y de referencia.

A continuación, en el Capítulo 5 se analizan los resultados del proyecto, para demostrar que el trabajo funciona bien/mejor que otros existentes. Se hacen pruebas de sistema en general, con las entradas habituales para comprobar las salidas, además se hace un control de prueba de usuario con control estadístico de resultados. Además, conviene destacar la solicitud de protección intelectual sobre el trabajo realizado.

Para finalizar, en el Capítulo 6 se disponen las conclusiones obtenidas a través de todo el trabajo realizado sobre su totalidad, aportando vías de desarrollo futuras de trabajo (en el Capítulo 7). Los anexos del PFG son:

- Anexo I. Planificación y desarrollo de tareas: Explicación y calendarización de las fases del PFG.
- Anexo II. Presupuesto: Tablas económicas de costes.
- Anexo III. Historia y contexto general de las artes marciales: Breve introducción a las artes marciales.
- Anexo IV. Patentes relacionadas con las artes marciales: Listado de patentes recogidas relacionadas con artes marciales.
- Anexo V. Ficha de control: Ficha que se usa para la puesta a punto del sistema en la sesión de entrenamiento.
- Anexo VI. Diagramas de clases: Diagramas de las clases de programación.
- Anexo VII. Control de versiones: Cronología de las diferentes versiones de software del programa.
- Anexo VIII. Manual de usuario: Explicación de uso de programa entrenamiento.
- Anexo XIX. Manual de referencia: Explicación de uso de la parte web.
- Anexo X: Aprendizaje Automático: Algoritmos propuestos para desarrollar por el programa.
- Anexo XI: Solicitud de patente: La solicitud tramitada de petición de patente.

## 2. Estado del arte

Todo lo referente al ámbito de la Inteligencia Artificial, robótica, modelado y personalización está muy en boga hoy en día, y cada día surgen nuevos proyectos utilizando las nuevas tecnologías. En esta sección analizaremos soluciones técnicas similares a los requisitos de usuario en ámbitos similares y otros campos, así como diferentes patentes y herramientas relacionadas con la Inteligencia Artificial, robótica y realidad virtual y captación de movimientos, diferentes TFG y TFM-s, sistemas específicos sobre artes marciales y patentes de sistemas relacionados.

### 2.1 Sistemas/aplicaciones similares

Existen dos trabajos que han enmarcado el planteamiento inicial de este PFG: "My TaiChi Coaches" y Aikido3D. Son dos herramientas orientadas a la enseñanza de sus respectivas artes marciales que analizaremos a continuación.

#### 2.1.1 My Tai-Chi Coaches

Esta herramienta didáctica para el Tai-Chi, combina unas gafas virtuales con un dron para el aprendizaje del arte (Han, Chen, Zhong, Wang, & Hung, 1997). Esta es una herramienta que ya tiene unos años, ya que empezó a desarrollarse en el año 1997, y que está patentada. El diseño se basa en dar la solución a través de i) un "virtual coach" (monitor virtual), y ii) un espejo del movimiento realizado.

El aprendizaje se realiza a través de unas gafas 3D que proporcionan la imagen del virtual coach en un ángulo de 360º. De esta forma, como se ve en la ilustración 3, se mire donde se mire, siempre va a ver un coach al que poder seguir los movimientos. Así el alumno puede imitar dichos movimientos para el seguimiento de la secuencia predeterminada grabada por el coach.



Ilustración 3. My Tai Chi Coaches Visión Gafas[sacada de [Ping-Hsuan Han, 1997]]

Por otro lado, como se ve en la ilustración 4, el practicante es seguido en tiempo real por un dron que está grabando y siguiendo sus movimientos y creando un "espejo aumentado" en las gafas que permiten al practicante la comparación entre sus movimientos y los del coach.



Ilustración 4. My Tai Chi Coaches Drone [sacado de (Ping-Hsuan Han, 1997)]

El sistema completo de captación y de envío de información se muestra en la ilustración 5.

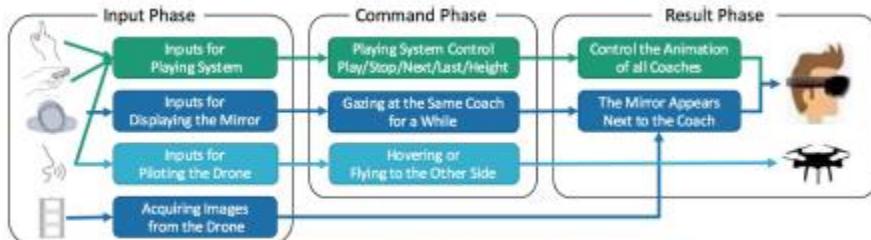


Ilustración 5. My Tai Chi Coaches Asistente [sacado de (Ping-Hsuan Han, 1997)]

Este sistema resulta muy interesante y cumple algunos aspectos básicos de los objetivos marcados en el PFG. Incorpora un dron que envía vídeo en tiempo real a las gafas de los movimientos que está realizando el practicante, y que puede compararlos movimiento a movimiento con los previamente grabados por un maestro.

Sin embargo, esta es una herramienta orientada a la práctica individual de un arte marcial y, por tanto, **no analiza el comportamiento de dos practicantes interactuando en tiempo real, ni enriquece el sistema con algoritmos de aprendizaje automático para ofrecer una respuesta personalizada y adaptativa. Tampoco recoge información fisiológica ni inercial del practicante.**

### 2.1.2 Aikido 3D

Esta es una herramienta interactiva para poder desarrollar el Aikido a través de movimientos predeterminados renderizados entre dos practicantes de alto nivel (Aspamya Dreams Ltd, 2003-2019). Tal y como se recoge en el artículo anteriormente mencionado (Santos O. , 2017), las carencias de este modelo son principalmente que **no se usan los datos psicomotrices del aprendiz (ya que no hay sensores que recojan dichos datos) ni hay un feedback en tiempo real sobre lo que está aprendiendo. Los movimientos son predeterminados y aunque hay una interacción entre 2 practicantes, no es real.**

A los vídeos didácticos que proporciona Aikido 3D se les añade una explicación completa de la técnica que se está desarrollando a través de un interfaz completo que lleva al alumno desde el nivel inicial hasta el cinturón negro. A continuación, tenemos una captura de pantalla de cómo están organizados estos vídeos:



Ilustración 6. Captura pantalla de aplicación Aikido 3D

En nuestro PFG, el sistema KUMITRÓN permitirá obtener de forma visual la actividad de los dos combatientes, y extraer indicadores que sirvan de ayuda personalizada a mejorar su técnica, tomando como entrada los valores fisiológicos e iniciales de los participantes, así como el video recogido por el dron de movimientos no predeterminados y libres.

## 2.2 Robótica, realidad virtual y captación de movimientos (moCap)

En esta sección analizaremos diferentes posibilidades técnicas que se están dando para la robótica, captación de movimientos y realidad virtual.

### 2.2.1 Captación de movimientos mediante drones

El dron ha surgido como un nuevo elemento de captación de vídeo que se está utilizando en nuevos proyectos aplicado a la inteligencia y visión artificiales, como ya se ha visto en el apartado anterior. Otros ejemplos son:

#### A. Human Motion Capture Using a Drone

Un grupo de investigadores ha desarrollado un modelo para el análisis de los movimientos de las personas haciendo uso de un dron y algoritmos de visión artificial. Para la captación de vídeo se usa una cámara RGB. Este sistema mejora los sistemas actuales de sistemas multicámaras fijas, y la cámara RGB evita que la persona que hace movimientos tenga que equiparse con algún tipo de pegatinas o traje para marcas sus extremidades y partes del cuerpo. (Xiaowei Zhou, 2018)

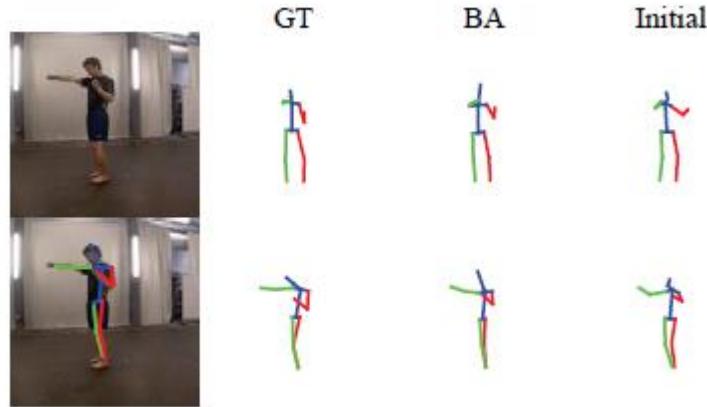


Ilustración 7. Human Motion Capture [sacado de (Xiaowei Zhou, 2018)]

Como resultado, el movimiento captado puede modelarse de la forma arriba indicada.

#### B. Drone Chi: Somaesthetic Human-Drone Interaction

Este proyecto de investigación trata de incidir en la mejora del estilo de vida a través del uso de sensores. Esta filosofía hace que se estén prodigando los denominados diseños HCI (Human Computer Interaction), computación basada en humanos. El proyecto basado en este tipo de diseños plantea el HDI (Human Dron Interaction), un modelo de dron centrado en los humanos. De esta forma surge el Drone Chi, la interacción humano dron sobre el trabajo del Tai Chi. (La Delpha, Bayta, Patibanda, Khot, & Mueller, 2020)

Este diseño, se basa en minidrones que rodean al individuo en función de determinados movimientos, y que son capaces de aterrizar en partes del cuerpo del hombre que poseen unos pads especiales. Las diferencias entre este proyecto y el nuestro son que en éste, su objetivo es simplemente que el individuo se familiarice y disfrute de una actividad (Tai Chi) mientras interactúa con minidrones. No tiene sensores y no hace análisis de la propia actividad.

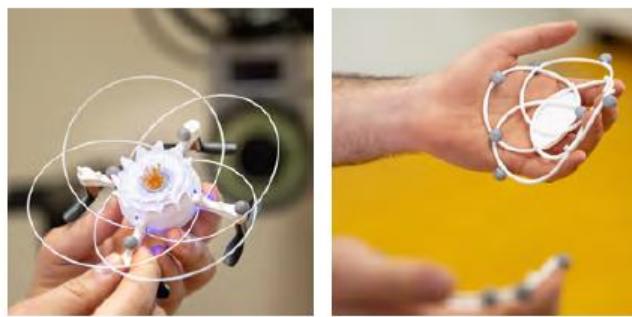


Ilustración 8. Mini dron y pads de aterrizaje

#### 2.2.2 Intelligent Framework for Learning Physics with Aikido (Martial Art) and Registered Sensors

Este proyecto de tipo STEAM (artes aplicadas a la enseñanza de las ciencias), y en el cual participa la directora de este PFG, se basa en la monitorización de los movimientos del Aikido (un arte marcial

defensivo, y por tanto, basado en movimientos circulares), y su posterior modelado en un plan de estudios de física para alumnos de bachiller. Para la modelización se usa el siguiente hardware:

- Smartphone con giroscopio y acelerómetro.
- Mini acelerómetro científico tipo puck.
- Cámaras estereotópicas.
- Cámaras tipo Depth para obtener imágenes con nubes de puntos.

A este hardware se le añade software de inteligencia artificial para analizar y obtener diferente información sobre los movimientos y poder desarrollar los conceptos físicos para la materia. El modelo se denomina **Phy + Aik** (Santos, Corbi, & Burgos, 2019), y usa diferente software de visión artificial como puede ser ELANCO y OpenCV. La principal **diferencia respecto del trabajo realizado en este PFG por tanto, el cambio de enfoque, en el PFG se pretende mejorar la ejecución de los movimientos, y en Phy + Aik, se usan esos movimientos como forma explicativa de los conceptos de Física que subyacen a la práctica del arte marcial.**



Ilustración 9. *Phy + Aik*

### 2.2.3 Mayweather Boxing Fitness

Se trata de un paso hacia delante de la realidad virtual aplicado a las artes marciales (Mayweather, 2019), en este caso por el gran boxeador Floyd Mayweather. Utiliza unas gafas de realidad virtual, y dos pads para las manos que hacen de guantes. Ofrece 3 modalidades diferentes de entrenamiento:

1. Entrenamiento: Entrenamiento virtual con una speed bag, con un saco pesado y sombra.
2. Floyd como virtual coach: Sesión de manoplas con Floyd como coach.
3. Competición: Combates virtuales con diferentes boxeadores, incluyendo Floyd Mayweather.



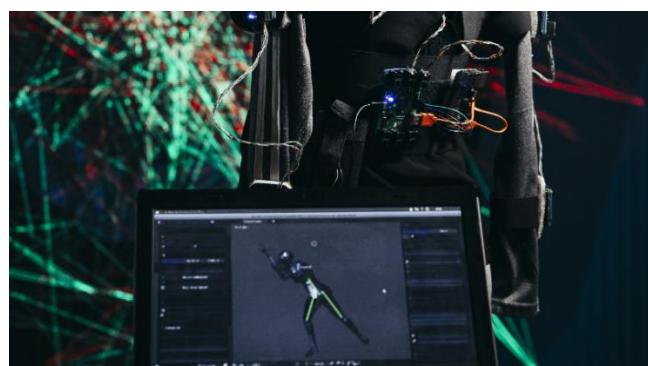
Ilustración 10. *Mayweather Fitness + Boxing* [sacado de (Men's Health, 2018)]

Es un programa de entrenamiento muy interesante, y aporta novedades como el combate en tiempo real frente a un luchador virtual. Sin embargo, **carence de recogida de parámetros mediante sensores y, por tanto, no ofrece análisis a través de inteligencia artificial sobre información del practicante.**

#### 2.2.4 Chordata

Los creadores del personaje de Gollum en El Señor de los Anillos consiguieron articular sus movimientos a partir de los gestos reales de un humano que llevaba un traje con sensores. Años después, un sistema similar (González, 2019), ha ganado la 7.<sup>a</sup> edición de la jornada de emprendimiento SpinUOC, celebrada a mediados de junio. Pero Chordata es especial porque quiere hacer llegar al gran público esta tecnología de captación de movimientos, conocida como motion capture o mocap. Por ello, se ha concebido como un sistema de código abierto, de manera que cualquier persona con conocimientos de programación puede utilizarlo o mejorarlo. Comprar el traje con los sensores es un 50 % más económico que adquirir los trajes actualmente disponibles en el mercado.

Para reproducir los movimientos, se usan sensores magnético-iniciales, que son “los mismos que permiten a tu teléfono móvil entender cuándo lo inclinas”, explica Flavia. Estos sensores se colocan en puntos estratégicos del cuerpo mediante un sencillo sistema de velcros y todos ellos están conectados por cables. La información que reciben se transmite a un microordenador, que la representa en un modelo tridimensional prediseñado. (conSalud, 2019). Las diferencias con Kumitron son múltiples. Aunque dispone de sensores, su fin es muy diferente al del PFG. EL fin es captar y modelar los movimientos de una persona para posteriormente poder trabajar en vídeos, análisis de movimiento... Kumitrón es un sistema de entrenamiento que analiza la información inercial y sensorial de varios oponentes, tratándola con algoritmos de inteligencia artificial y dando soluciones a los karatekas para obtener la victoria en kumite.



*Ilustración 11. Material Chordata [imagen obtenida de [www.consalud.es](http://www.consalud.es)]*

#### 2.2.5 Creed Rise to Glory Boxeo Virtual

Se trata de un título de boxeo virtual para PS4 (SONY, 2019). Recrea combates de boxeo con boxeadores virtuales. Se asemeja en cierta manera al entrenamiento real del programa de Floyd Mayweather, pero en formato videojuego. **No recoge información mediante sensores.**



Ilustración 12. Juego Creed [imagen del videojuego]

## 2.2.6 Realidad Virtual en la preparación de luchadores de UFC

Misha Cirkunov, luchador de MMA de Letonia, ha declarado a la prensa que, para prepararse para los duelos de la UFC, ha estado usando un dispositivo de Realidad Virtual (Ag. Fight, 2019) que simula algunos aspectos importantes del combate para ayudarlo a mejorar como combatidor. Según sus propias palabras: "Me coloco el casco y veo a toda esta multitud. Estoy en un ring de boxeo del campeonato mundial y ahora eso no me sacude ni un poco. Antes me sacudía." Carece de sensores de recogida de información, ni posee un sistema de inteligencia artificial.



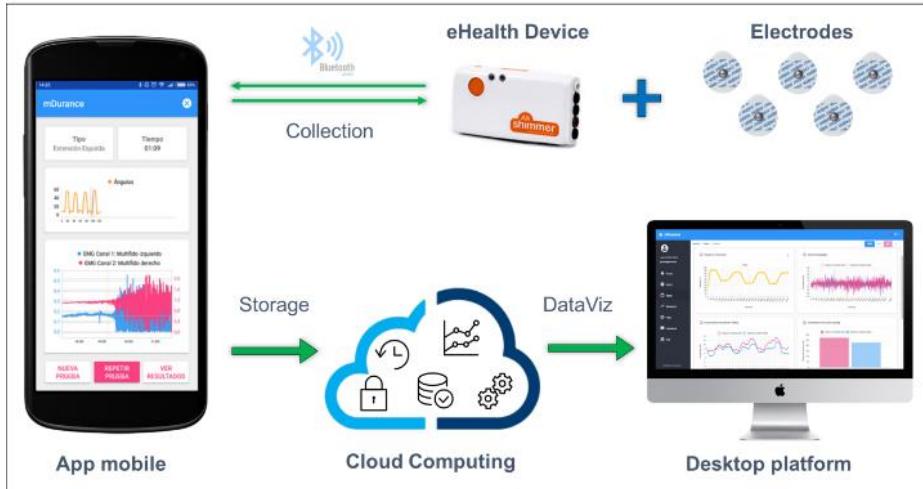
Ilustración 13. Misha Cirkunov sacado de [Ag. Fight([www.agfight.com](http://www.agfight.com))]

## 2.3 Inteligencia artificial en la medicina y el deporte

Con el desarrollo de la Inteligencia Artificial, el IoT y las nuevas tecnologías, a nivel académico también están surgiendo trabajos que aplican estas tecnologías para el desarrollo de herramientas para el deporte en general. Especialmente, desde la universidad se le está dando un empuje a la Inteligencia Artificial en la medicina y el deporte. A continuación, se detallan un TFM y 2 TFG que son de interés para el desarrollo de este PFG.

### 2.3.1. TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la medicina del deporte

Se trata de un TFM muy interesante sobre la aplicación de la IoT a la medicina deportiva mediante la recogida de datos corporales de los deportistas. Este proyecto cuenta con el soporte de una entidad, mDurance (mDurance, 2019), cuyas líneas de trabajo se encuentran enfocadas a la salud digital.



*Ilustración 14. Sistema propuesto por mDurance [obtenida de TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la Medicina del deporte, Giménez 2017-2018]*

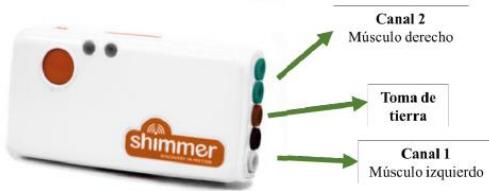
En la recogida de datos destacan:

- Datos físicos del paciente, como su índice de masa corporal, peso, condición física, así como observaciones sobre ello.
- Registro de valores para cada una de las pruebas realizadas, con la opción de filtrar por músculo y elegir la unidad de medida (microvolts, milivots y %). Entre los parámetros se encuentran los siguientes:
  - Tiempos de duración.
  - Promedio del nivel de actividad muscular (RMS).
  - Promedio del nivel de actividad muscular por segundo (RMS/s).
  - Máximo nivel de contracción muscular (MVC).

Como dispositivo IoT se utiliza el dispositivo electromiográfico Shimmer3 EMG. Este dispositivo posee unas características técnicas que hacen que cuente con 10 grados de libertad (DOF) vía acelerómetro, giroscopio, magnetómetro y altímetro, cada uno de ellos con un amplio rango de datos seleccionable que permite la lectura de datos con un nivel de ruido mínimo.

El funcionamiento de este wearable se basa en la recolección de los impulsos eléctricos musculares con un sistema A/D en señales de 16 bits, frecuencia de muestreo de 24 MHz y ancho de banda de 8,4 kHz. El dispositivo ofrece cinco inputs para conectar los electrodos encargados de capturar el test EMG:

- Dos canales laterales, izquierdo y derecho, donde se permiten conectar cuatro electrodos (dos por canal) y medir los niveles de señal de forma simétrica en los músculos cervicales.
- Un electrodo situado en el centro del dispositivo y correspondiente a la toma de tierra.



*Ilustración 15. Conexiones del wearble Shimmer3 EMG [obtenida de TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la Medicina del deporte, Giménez 2017-2018]*

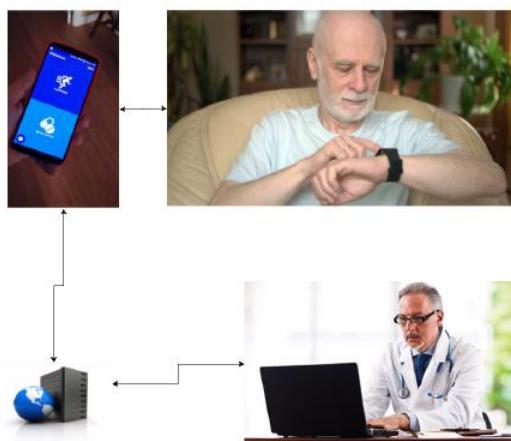
Su objetivo es desarrollar un prototipo de herramienta inteligente de generación de explicaciones visuales personalizables e interactivas con capacidad de aprendizaje a partir de la interacción. Aunque la herramienta y la metodología se establecen de forma genérica, la prueba de concepto se realiza con datos correspondientes al dominio de la Medicina del Deporte. (García Giménez, 2017-2018)

### 2.3.2. TFG: Sistema para la supervisión remota de actividad física de pacientes mediante pulseras de sensores

Se trata de TFG (González García-Muñoz & Huertas Herrero, 2017-2018) orientado al cuidado de una enfermedad (Parkinson) a través de monitorizar determinados aspectos del paciente utilizando los siguientes elementos:

- Pulsera con sensores. Texas Instrument CC2650 y Hexiwear, explicados posteriormente.
- Aplicación en Android.
- Aplicación web para la monitorización remota.
- Servidor con servicios API REST y HTTP.

El funcionamiento del sistema es obtener datos de actividad del paciente a través de los sensores de la pulsera que se recogen y gestionan en la aplicación en Android. Los datos grabados se envían a una aplicación API REST, a la que el médico tiene acceso para realizar una supervisión automática del paciente con los datos recogidos.



*Ilustración 16. Sistema para supervisar pacientes con Parkinson [obtenida de TFG Sistema para la supervisión remota de actividad física mediante pulseras de sensores, Christian González García Muñoz y Alejandro Huertas Herrero, 2017-2018]*

El sistema estudia diferentes síntomas de Parkinson del paciente, principalmente motores tales como i) estudio congelación pisada, ii) estudio de los temblores, iii) bradicinesia, y iv) discinesia.

El hardware que usan para la realización de este PFG es el siguiente:

**Texas Instrument: CC2650 -Ultra-low power wireless MCU.** Como se puede ver en la ilustración, incluye un sensor BLE con un procesador ARM de 32 bits que funciona a 48 MHZ. Los sensores que lo forman son:

- Sensor de temperatura.
- Sensor de movimiento (acelerómetro y giroscopio).
- Sensor de humedad.
- Sensor de presión.
- Sensor óptico.

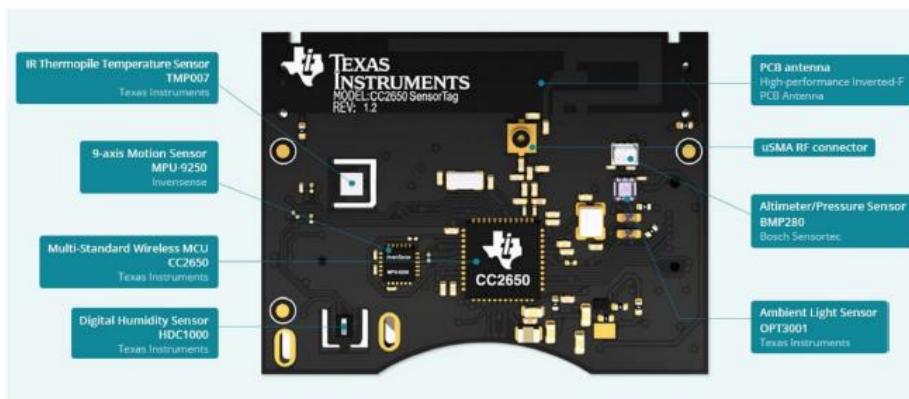


Ilustración 17. Arquitectura interna sensor Texas Instrument [sacada de obtenida de TFG Sistema para la supervisión remota de actividad física mediante pulseras de sensores Christian González García Muñoz y Alejandro Huertas Herrero, 2017-2018]

**Hexiwear.** Sensor wearable versátil diseñado para configurarlo con software libre. El dispositivo (que se muestra en la ilustración 18 contiene un procesador MCU Kinetis K64x de NXP, BLE NXP Kinetis KW4X, batería de litio, pantalla OLED de 1.1", interfaz táctil y led RGB. Dispone de los siguientes sensores:

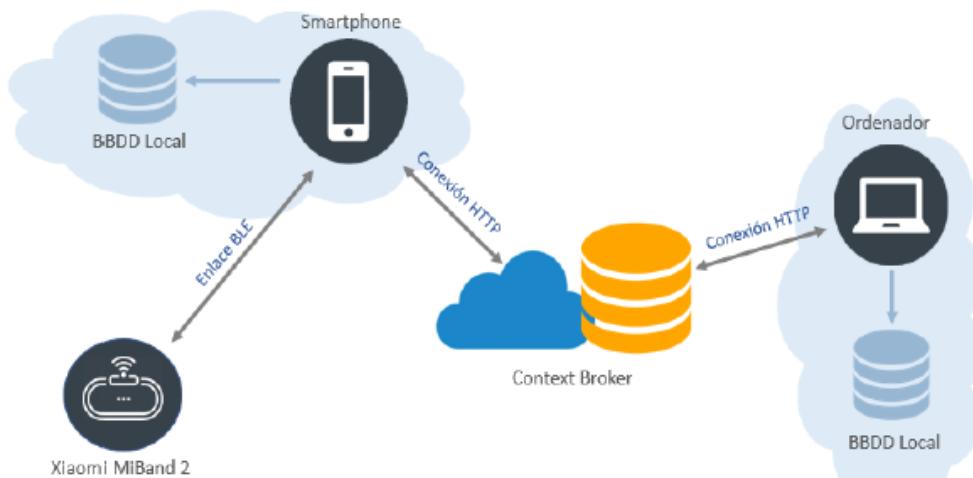
- Acelerómetro tridimensional.
- Magnetómetro tridimensional.
- Giroscopio triaxial.
- Sensor de presión.
- Sensor de pulsaciones.
- Sensor de humedad.
- Sensor óptico.



*Ilustración 18. Hexiwear [sacado de obtenida de TFG Sistema para la supervisión remota de actividad física mediante pulseras de sensores, Christian González García Muñoz y Alejandro Huertas Herrero, 2017-2018]*

### 2.3.3. TFG: Aplicación móvil y web para la monitorización de datos cogidos mediante la pulsera inteligente MiBan2 usando BLE y la plataforma FIWare

Se ha diseñado e implementado un software destinado a la recogida de datos medidos por la pulsera inteligente Xiaomi Mi Band 2 (Peñate Garrido, 2017). La extracción de datos se realiza con el fin de aplicar lo que se denomina la e-Salud, o salud a distancia. La solución técnica planteada queda reflejada en el siguiente esquema:



*Ilustración 19. Diseño General del TFM de Garrido (2017)*

Los Casos de Uso del usuario con respecto a la aplicación son los siguientes:

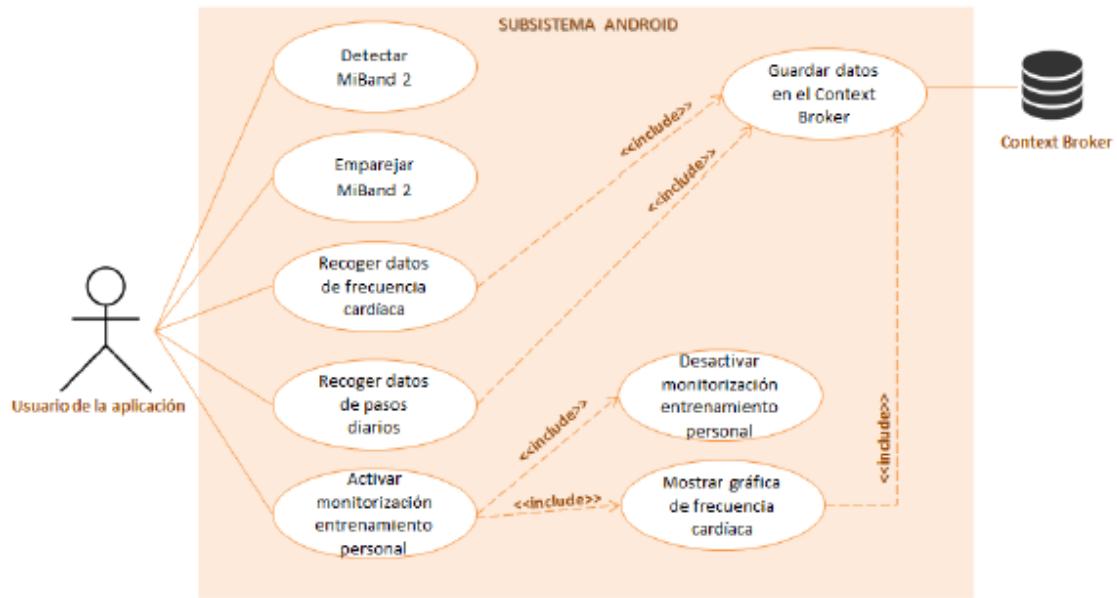


Ilustración 20. Casos de uso usuario aplicación [sacado de TFM de Garrido 2017]

Los recursos de hardware utilizados para el proyecto son:

- Un ordenador portátil.
- Una Smart band (Xiaomi Miband2) que incluye los siguientes sensores: acelerómetro, pulsímetro.
- Teléfono móvil (Alcatel Pxi4).

En cuanto a los datos que se recogen del Smart band son:

- Pulsaciones.
- Pasos recorridos.

## 2.4 Sistemas específicos sobre artes marciales

En este apartado se presentan un TFM específico aplicado a la práctica de las artes marciales.

### 2.4.1 TFM: Diseño y aplicación de una herramienta para el análisis táctico del karate en la modalidad de kumite

El objetivo de este trabajo (Pardo Delgado, 2019) ha sido analizar los diferentes indicadores de combate de karate y visualizarlos en un monitor en tiempo real. Los indicadores analizados son propios a las reglas de karate, y adolece de sensores que analicen otro tipo de información fisiológica, inercial...

Se prepara una plantilla individual a cada karateka, con los indicadores más importantes de kumite asociados a su persona. Según va desarrollando combates esta ficha se va rellenando con las características de combatiente que va demostrando en los combates. Además, también incorpora sus datos físicos como altura, peso... A continuación, se muestra la ficha individual en pantalla:

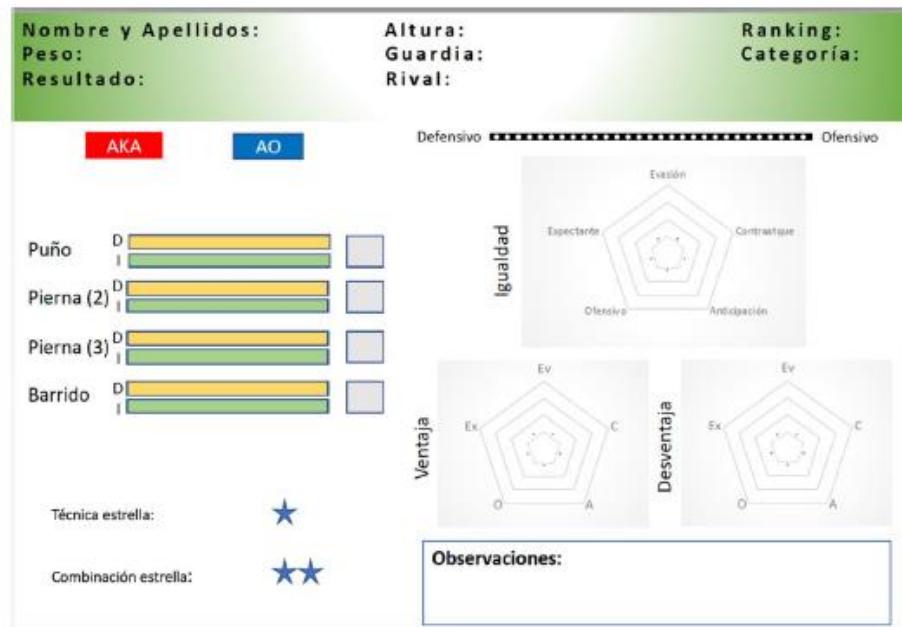


Ilustración 21. Ficha individual karateka [sacado TFM de Ana María Pardo 2019]

Esta ficha individual que se va alimentando y actualizando según un karateka va haciendo más combates, tiene su aplicación en tiempo real que monitoriza esta actividad. Así, el kumite queda visualizado y va recogiendo los indicadores de combate desarrollados por el practicante. La herramienta de visualización en tiempo real muestra la siguiente pantalla:

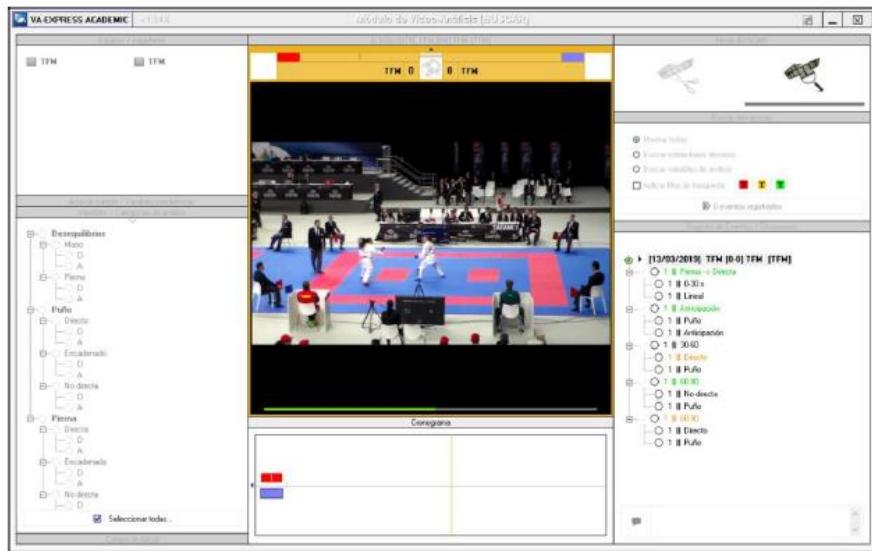


Ilustración 22. Pantalla de visualización de kumite [sacado TFM de Ana María Pardo 2019]

En esta pantalla se puede observar las imágenes del kumite, así como las técnicas de combate que van realizando los mismos.

## 2.5 Patentes de sistemas relacionados

El mundo de las artes marciales está recibiendo nuevas herramientas técnicas que intentan dar solución a necesidades usando nuevas tecnologías. En el Anexo IV se añaden diferentes peticiones de patentes relacionadas con las artes marciales. Se trata principalmente de diseños de artíludios para el entrenamiento del arte, que tienen poca relación con Kumitrón.

### 2.5.1 US10065074B1. Sistemas de entrenamiento con sensores usables para proporcionar retroalimentación a los usuarios.

Este es un sistema (Hoang & Schuldt, 2018) de entrenamiento individual, que tiene cierto parecido con el My Taichi Coaches.

El sistema se basa en un sistema de entrenamiento basado en tecnología móvil y cinemática. Las características del movimiento humano caracterizan, analizan y suministran retroalimentación a un usuario basada en los movimientos del usuario. El sistema de entrenamiento incluye una prenda que tiene un control de sensor módulo conectado a múltiples nodos de sensores a través de electricidad tela conductora que corre a lo largo de partes de la prenda. El módulo sensor/nodos pueden comunicarse a través de la tela conductora. Los nodos sensores adquieren movimiento y/o lecturas fisiológicas que se transmiten de forma inalámbrica a un dispositivo informático móvil que ejecuta una aplicación que analiza los datos y proporciona visual (p. ej., gráficos, 3D avatar) y comentarios de audio (p. ej., mensajes de voz). Vibradores, sensores y LED / tejido electroluminiscente en la prenda también proporcionan notificaciones y alertas. La prenda es impermeable y lavable.

El diagrama arquitectónico del sistema:

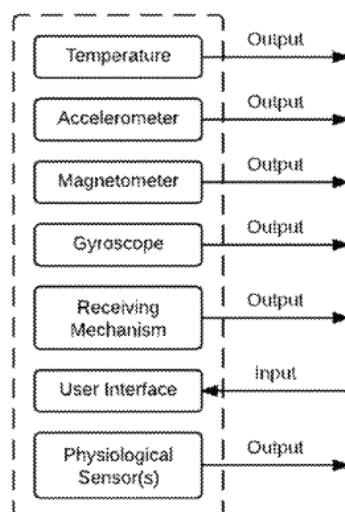


Ilustración 23. Arquitectura técnica del sistema

El sistema puede usarse para cualquier deporte o actividad deportiva como: tenis, artes marciales, golf, power-lifting, baloncesto... Cualquier tipo de actividad puede ser válida. Se pueden aplicar y / o adaptar versiones exemplares para otras aplicaciones como videojuegos, realidad aumentada, realidad virtual, etc., para proporcionar dispositivos de alta precisión

capaces de seguir el movimiento en situaciones simuladas. Las versiones planas se pueden usar con Oculus Rift y otros dispositivos en mercados de realidad aumentada o virtual para proporcionar experiencias nuevas y novedosas para el usuario.

Las principales funciones que ofrece el sistema son:

1. Feedback de voz: El sistema interactúa mediante un sistema de voz informando y dando consejos sobre la actividad.
2. Comparación con Avatar 3D: Los ejercicios son captados por vídeo y comparados con un avatar en donde ver las diferencias entre la postura del practicante y la ideal.
3. Luces multicolor: El feedback del sistema puede iluminar puntos corporales donde el alumno debe prestar atención para realizar determinados movimientos.
4. Feedback táctil: Los sensores del cuerpo son capaces de vibrar para dar alarmas sobre las posturas aquellas partes del cuerpo sobre las que quiere incidir el sistema.
5. Notificaciones Push: Las notificaciones críticas sobre los entrenamientos pueden realizarse por otras vías fuera del sistema como: mail, mensajes de texto, vía mensajes app...
6. La pantalla del aparato físico ofrece: gráficos diferentes de rendimiento, información de los ejercicios realizados, set programado de ejercicios, Avatar 3D, información de datos iniciales, sensoriales...

Tiene similitudes con KUMITRÓN en los siguientes puntos:

- Recoge información sensorial e inercial.
- Recoge video y utiliza visión artificial para analizar la postura y movimiento.
- Ofrece feedback de cómo está haciendo el ejercicio.

Pero carece:

- Es un sistema de entrenamiento individual.
- Carece de algoritmos de IA para desarrollo de estrategias deportivas.
- Uso de dron para una captación de imagen ideal.
- Comunicación por voz con un coach.

#### 2.5.2 US20180001141A1. Grabación de vídeo interactivo para luchadores en un evento de MMA y Boxeo.

Un sistema (Curry, 2018) preparado para el análisis de combates al estilo UFC. Un mecanismo y sistema de grabación y escaneo de video interactivo de movimiento. Un dispositivo de escaneo y grabación está configurado para capturar un video HD de 360° con emisores de infrarrojos, sensores de imagen y reconocimiento óptico de caracteres para detectar el movimiento y la precisión de los movimientos de un luchador mientras participa en un combate. El software de inteligencia artificial cuenta y descifra el número de golpes lanzados y aterrizados por cada luchador individual, la parte del cuerpo del luchador en el que aterrizó el golpe, y la velocidad y el poder de cada golpe que aterrizó. Además, también cuenta con materia de sacos, pads... para entrenamiento individual con sensores de captación de fuerza y potencia.

### **Hardware:**

- Sensores inerciales y fisiológicos colocados en las guantillas.
- Sensores de presión en casco para analizar los golpes recibidos.
- Cámara 360º HD.

### **Software:**

- Algoritmos de IA para análisis de vídeo.
  - Determinar si un golpe es legal o ilegal.
  - Si un golpe ha llegado a destino.
  - Análisis de zonas de golpeo.

Toda la información se obtiene en tiempo real y es enviada a una app para que los seguidores puedan tener información al instante de lo que está ocurriendo en los combates. La información a la que acceden los usuarios de la aplicación puede verse en la siguiente imagen.

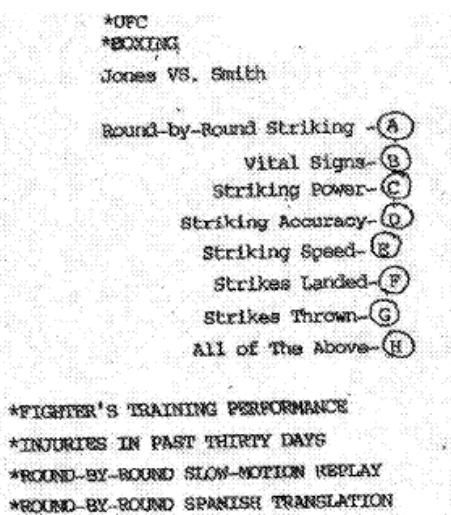


Ilustración 24. Información que sale en la pantalla de la app.

### **Similitudes con KUMITRÓN**

- Ofrece información en tiempo real.
- Ofrece información sensorial e inercial.
- Ofrece vídeo.

### Diferencias:

- Cámara 360º vs. Dron.
- Algoritmos de visión artificial usados con diferentes fines: KUMITRÓN usa algoritmos de visión artificial para estudiar y mejorar las técnicas de combate.
- KUMITRÓN ofrece algoritmos de IA que predicen victoria y derrota según algoritmos de entrenamiento desarrollados.
- Sistema de comunicación por voz.

## 2.6 Justificación del enfoque adoptado en el PFG

A continuación, se presenta una tabla con diferentes sistemas relacionados de alguna forma con el sistema de IA que se pretende diseñar, los cuales se han estudiado y comparado para obtener información técnica que sirva como punto de partida al desarrollo del PFG.

Referencia	Nombre Sistema	Breve descripción	Objetivo	Sensores
(Han, Chen, Zhong, Wang, & Hung, 1997)	My Tai-Chi Coaches: una herramienta de aprendizaje aumentada para Practicando Tai-Chi Chuan	Sistema que enseña Formas de Tai Chi de forma individual. Graba los movimientos realizados por el alumno y el alumno puede ver sus movimientos en vídeo al lado de un Maestro con los movimientos pregrabados para que pueda comparar los movimientos con los del Maestro.	Aprendizaje del sistema Tai Chi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gafas RV.</li> <li>• Dron con cámara.</li> </ul>
(Aspam ya Dreams Ltd, 2003-2019)	Aikido 3D	Enseñanza de Aikido a través de un programa de una aplicación informática, que muestra vídeos renderizados de los diferentes niveles de Aikido.	Aprendizaje del sistema de Aikido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vídeo grabado.</li> <li>• Aplicación informática.</li> </ul>
(Xiaowei Zhou, 2018)	Human Motion Capture Using a Drone	Modelización de los movimientos de los humanos mientras practican alguna actividad. Se captura vídeo a través de dron, y se aplican algoritmos para reconstruir las posturas humanas en la práctica.	Modelizar posturas humanas a través de algoritmos IA.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dron con cámara RGB.</li> </ul>
(La Delpha, Bayta, Patibanda, Khot, & Mueller , 2020)	Drone Chi: Somaesthetic Human-Drone Interaction	Se trata de una experiencia de practicar el Tai Chi con mini dron "somaestético" con el fin de obtener una experiencia placentera en la interacción de una actividad con diferentes sensores alrededor del cuerpo.	Práctica del Aikido con uso de miniDrones para una experiencia "somaestética".	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mini dron</li> </ul>
(Santos, Corbi, & Burgos, 2019)	Phy + Aik	Se trata de un sistema que capta datos iniciales y de vídeo de tal forma que, a través de algoritmos de imagen de IA, como ELANCO y OpenCv, se sincronizan los datos para poder desarrollar la materia de física asociada a las fórmulas relacionadas con los movimientos analizados.	Desarrollo de plan de estudios en la asignatura de física a través del análisis de los movimientos del Aikido.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smartphone con giroscopio y acelerómetro.</li> <li>• Mini acelerómetro científico tipo puck.</li> <li>• Cámaras estereotópicas</li> <li>• Cámaras tipo Depth para</li> </ul>

				obtener imágenes con nubes de puntos.
(Mayweather, 2019)	Mayweather Boxing Fitness	Entrenamiento virtual de boxeo, que abarca todas las facetas de este. Entrenamiento individual usando elementos habituales de entrenamiento (Speed bag, saco...), Entrenamiento con sparring: Mayweather hace de sparring en imagen de vídeo, y combate, tipo videojuego contra luchadores virtuales.	Entrenamiento virtual de boxeo.	Equipo de Gafas RV y pads electrónicos conectados a un aparato electrónico tipo consola Nintendo Kinect.
(González, 2019)	Chordata	Traje especial con diferentes sensores que se conectan a un programa en ordenador de tal forma que este capta y crea una imagen en 3D que hace los movimientos y los graba según uno se va moviendo. Se trata de la democratización de este tipo de equipos por su precio asequible.	Captación de movimientos (moCap)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sensores magnético-iniciales que se colocan a lo largo del cuerpo con un traje especial.</li> </ul>
(SONY, 2019)	Creed Rise to Glory Boxeo Virtual	Juego de boxeo que se asemeja mucho al entreno de Mayweather Boxing salvo el fin que en este caso es de ocio. Por lo tanto, su ejecución es más amistosa y divertida. Se trata de jugar haciendo entrenamientos virtuales con las gafas y los pads de boxeo además de poder participar en campeonatos virtuales.	Juego de consola para ocio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pads electrónicos.</li> <li>Gafas RV.</li> <li>Consola que conecta los dispositivos wearables.</li> </ul>
(Ag. Fight, 2019)	Realidad Virtual en la preparación de luchadores de UFC	Se trata de usar la RV para preparar otros factores ajenos al combate tales como la entrada al estadio, la entrada en el ring, visión de los espectadores mientras gritan...	Entrenamiento ambiental a combates UFC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gafas RV.</li> </ul>
(García Giménez, 2017-2018)	TFM: Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la medicina deportiva	Se trata de un sistema que capta a través de unos electrodos y un dispositivo de una empresa comercial mDurance, la actividad de una persona deportista. A través de estos elementos se determinan diferentes factores relacionados con la salud del deportista.	Cuidar la salud al hacer deporte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electrodos</li> <li>Sensor comercial eHealth</li> <li>Aplicación de análisis de datos</li> </ul>
(González)	TFG: Sistema para la supervisión remota de	El funcionamiento del sistema es obtener datos de actividad del	Seguimiento de salud de	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulsera con sensores. Texas</li> </ul>

<b>García-Muñoz &amp; Huertas Herrero, 2017-2018)</b>	actividad física de pacientes mediante pulseras de sensores	paciente a través de los sensores de la pulsera que se recogen y gestionan en la aplicación en Android. El sistema estudia diferentes síntomas de Parkinson del paciente, principalmente motores tales como i) estudio congelación pisada, ii) estudio de los temblores, iii) bradicinesia, y iv) discinesia.	pacientes con Parkinson	Instrument CC2650 y Hexiwear, • Aplicación en Android. • Aplicación web para la monitorización remota. • Servidor con servicios API REST y HTTP.
<b>(Peñate Garrido, 2017)</b>	TFG: Aplicación móvil y web para la monitorización de datos recogidos mediante la pulsera inteligente MiBand2 usando BLE y la plataforma FIWARE	Se procede a la recolección de datos con el fin de aplicar lo que se denomina la e-Salud, o salud a distancia. Para ello se utiliza una pulsera inteligente Mi-Band, que recogen las pulsaciones y los pasos recorridos.	Monitorización de datos para el control de la salud.	• Una Smart band (Xiaomi Miband2) que incluye los siguientes sensores: acelerómetro, pulsímetro.
<b>(Pardo Delgado, 2019)</b>	TFM: Diseño y aplicación de una herramienta para el análisis táctico del Karate en la modalidad de kumite	Sistema que visualiza un kumite mientras analiza diferentes indicadores de combate de karate en un monitor en tiempo real. Los indicadores analizados son propios a las reglas de karate, y adolece de sensores que analicen otro tipo de información fisiológica, inercial...	Ánalisis de kumite por vídeo en tiempo real.	• vídeo

Tabla 1. Comparación de sistemas analizados comparados a Kumitrón

Hemos podido comprobar que existen ya varios sistemas que **integran de forma parcial** algunas de las tecnologías que pueden aplicarse para recoger información durante la práctica de artes marciales por parejas. Cada uno aplica o enfatiza en un aspecto que el otro no lo hace. Y esto es un punto que se va a aprovechar en el PFG, esto es, el conocimiento de todo lo que se está haciendo para poder ofrecer una solución más completa frente a los sistemas existentes. Además, se pretende profundizar en el propio arte marcial y dar una herramienta técnica más completa que las actuales para el entrenamiento, al **monitorizar la ejecución combinada de dos participantes** aplicando la tecnología existente, caso que apenas se ha explorado en la literatura, por la complejidad añadida que supone frente a la monitorización de un movimiento por una persona. Entre las mejoras que queremos ofrecer con KUMITRÓN podemos indicar las siguientes:

- Entrenamiento totalmente personalizado con recogida de datos psicomotrices y fisiológicos para un desarrollo de la actividad correcto y saludable.
- Integración de algoritmos de aprendizaje automático para dotar al sistema de inteligencia que permita la mejora del entrenamiento de los Karatecas según los datos recogidos, a partir de los cuales se podrán inferir indicadores de interés y patrones de interacción. La aplicación del análisis de datos a través de algoritmos de Inteligencia Artificial para la aplicación al estudio del combate entre dos practicantes de un arte marcial es algo que resulta pionero según la información disponible. Por lo que existe un campo abierto para poder realizar algo novedoso y excitante en el PFG.

- Herramienta desarrollada siguiendo metodologías de diseño centrado en el usuario, a través de la consulta a practicantes noveles y expertos del arte, de forma que se tengan en cuenta sus necesidades a la hora de diseñar la interacción del sistema, así como para evaluar su implementación. Esta herramienta tratará de ser patentada y que sirva de base para futuros proyectos e investigaciones.
- Muchas de las funcionalidades descritas en los proyectos anteriores pueden ser válidas como solución para el objetivo principal del PFG. Habrá que analizar las tecnologías utilizadas con detenimiento y ver si son las más convenientes con los requisitos de sistema que se definan para KUMITRÓN. Esto se desarrolla con más detenimiento en el siguiente capítulo, y en especial, en el apartado 3.4.

### 3. Planteamiento

#### 3.1 Recopilación de información para el desarrollo de los requisitos

Tras el análisis de los problemas identificados en el ámbito de las artes marciales (Capítulo 1) y el estudio del estado del arte (Capítulo 2), y con el objetivo de diseñar el sistema teniendo en cuenta las necesidades de los usuarios, se prepararon unos formularios con Google Forms para enviar a maestros y practicantes de Karate para recoger de primera mano sus requisitos. La información recogida se tuvo en cuenta para definir los requisitos de usuario y del sistema.

Los formularios que se diseñaron fueron los siguientes haciendo uso de la aplicación Google Forms:

- Para alumnos: [https://docs.google.com/forms/d/1lr4sBu-pOkZT1OfpaNVsKqoi21RvnKRaBFKKMSCGzg/viewform?edit\\_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1lr4sBu-pOkZT1OfpaNVsKqoi21RvnKRaBFKKMSCGzg/viewform?edit_requested=true)
- Para maestros: [https://docs.google.com/forms/d/1jPGK8kR8sQgA-RqMDbP-rBqUWPxO-z9I7fd6rZtn2E/viewform?edit\\_requested=true](https://docs.google.com/forms/d/1jPGK8kR8sQgA-RqMDbP-rBqUWPxO-z9I7fd6rZtn2E/viewform?edit_requested=true)

##### 3.1.1 Datos generales de los cuestionarios recibidos

El total de cuestionarios recibidos han sido 20, 5 de Maestros y 15 de alumnos tal y como se muestra en el siguiente gráfico.

El género de los alumnos es de 8 mujeres y 7 varones, mientras que los Maestros todos son varones.

El rango de edades y cinturones por perfil de los encuestados:

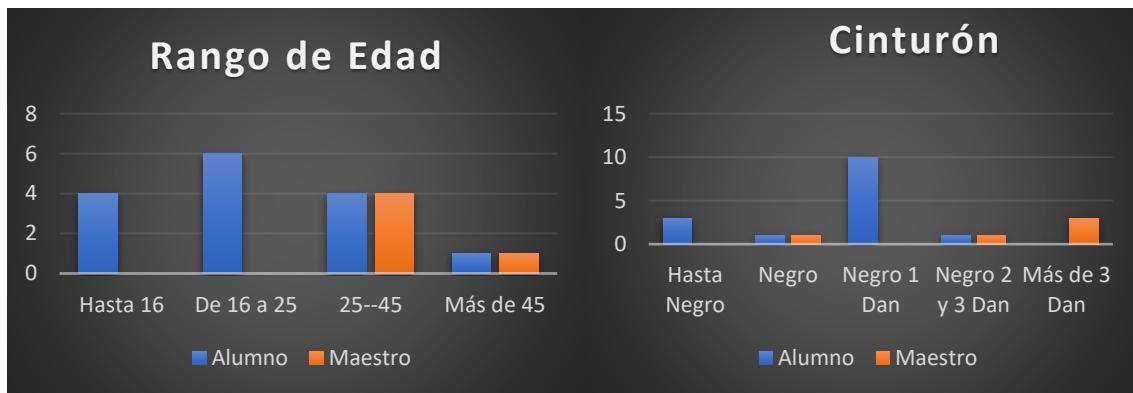


Ilustración 25. Edad y cinturón encuestados

##### 3.1.2 Análisis de las respuestas

A continuación, se analizarán las respuestas principales de los cuestionarios, comparándolas entre lo recibido por parte de los alumnos con los Maestros.

Pregunta	Alumno	Maestro
¿Se practica kumite en el Dojo?	La respuesta es que el 100% de los alumnos lo entrena.	El 100% de los Maestros enseñan Kumite en su Dojo. Además, el 100% de los Maestros preparan a sus alumnos para campeonatos.

Tabla 2. Comparación pregunta cuestionario sacado de [Google Forms]

Otra pregunta común ha sido la relacionada con el material utilizado para la preparación de kumite.

Pregunta	Alumno	Maestro
¿Se usa algún tipo de material para preparar el Kumite?	La respuesta con mayor porcentaje es la de vídeos, con un 73,3% de encuestados que la usa. Además, un 46,7% usa Internet.	El vídeo es el recurso más utilizado, con un 40% de uso entre los encuestados. Internet lo usa un 20%, al igual que la experiencia, material federativo y otros...

Tabla 3. Comparación pregunta cuestionario sacado de [Google Forms]

En cuanto la idea de digitalizar la actividad de kumite:

Pregunta	Alumno	Maestro
¿Usarías nuevas tecnologías para la enseñanza de kumite?	La respuesta positiva a esta posibilidad es del 93,3%.	El 100% de los Maestros creen que pueden apoyarse en algún tipo de tecnología digital para mejorar la enseñanza...

Tabla 4. Comparación pregunta cuestionario sacado de [Google Forms]

#### Información extraída de las respuestas de los Maestros

- En la enseñanza de kumite registran la actividad de los alumnos un 40%.
- El 100% de los Maestros querrían ver en pantalla **en tiempo real** parámetros de combate.
- El 20% querría tener un micro para poder comunicarse, y el 40% además usar un dron para el vídeo.
- La enseñanza de kumite se realiza previo, durante y post actividad.
- Además de poder obtener parámetros durante el kumite, también se desea tener registro para poder hacer seguimiento.

Algunos de los parámetros deseados son:

¿Qué información específica sobre el kumite debería mostrar la aplicación?

5 respuestas

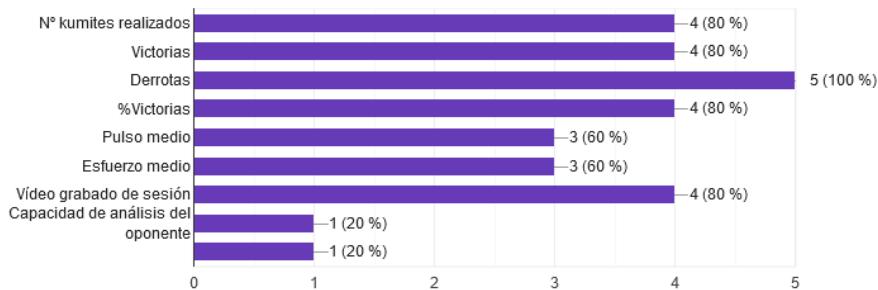


Ilustración 26. Información específica de la aplicación

#### Información extraída de las respuestas de los Alumnos

- Los alumnos ven como positivo tener un feedback con seguimiento de la actividad. Entre los puntos que desean realizar seguimiento destacan: Físico, técnico, análisis de movimientos, mejora de estrategia.
- Como puntos concretos destacan:
  - Grabar vídeos etiquetados para comentar online con compañeros.
  - Un sistema que analice las características físicas y ayude a definir la estrategia de combate.
  - Velocidad de reacción, potencia de pegada, desplazamiento, golpes efectivos/inefectivos.
  - Fiable con los datos más exactos posible y que pueda dar un porcentaje de aciertos en acciones hechas.
  - Segundos de capacidad de reacción, pasos previos a la hora de realizar la técnica y su corrección.
  - Puntos marcados y recibidos, zona de marca y con qué técnica uno marca más y le marcan más.
- Por importancia, los alumnos destacan los siguientes parámetros:

¿Qué importancia das a los siguientes parámetros para analizar el kumite?

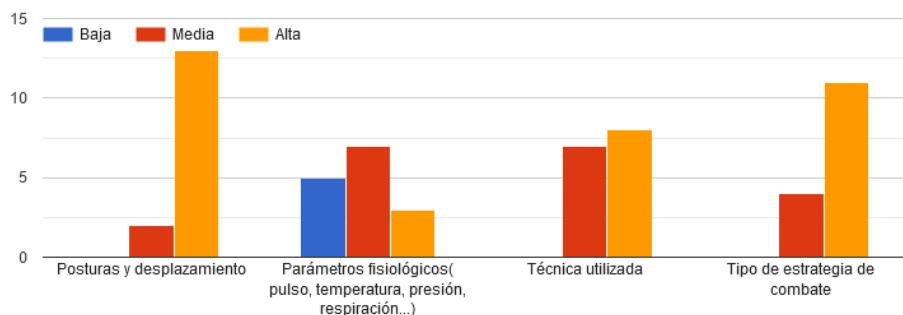
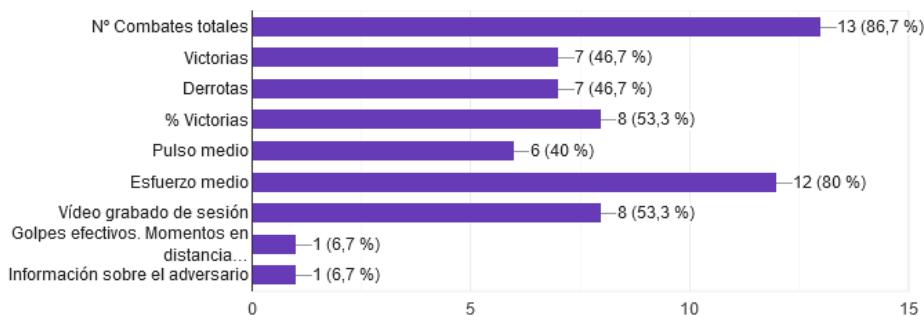


Ilustración 27. Parámetros importantes

- Como parámetros deseados destacan:

¿Qué información específica sobre el kumite debería mostrar la aplicación?

15 respuestas



*Ilustración 28. Información específica importante de la aplicación*

### 3.1.3 Conclusiones

Las principales conclusiones las que se han llegado tras el análisis de los cuestionarios es el siguiente.

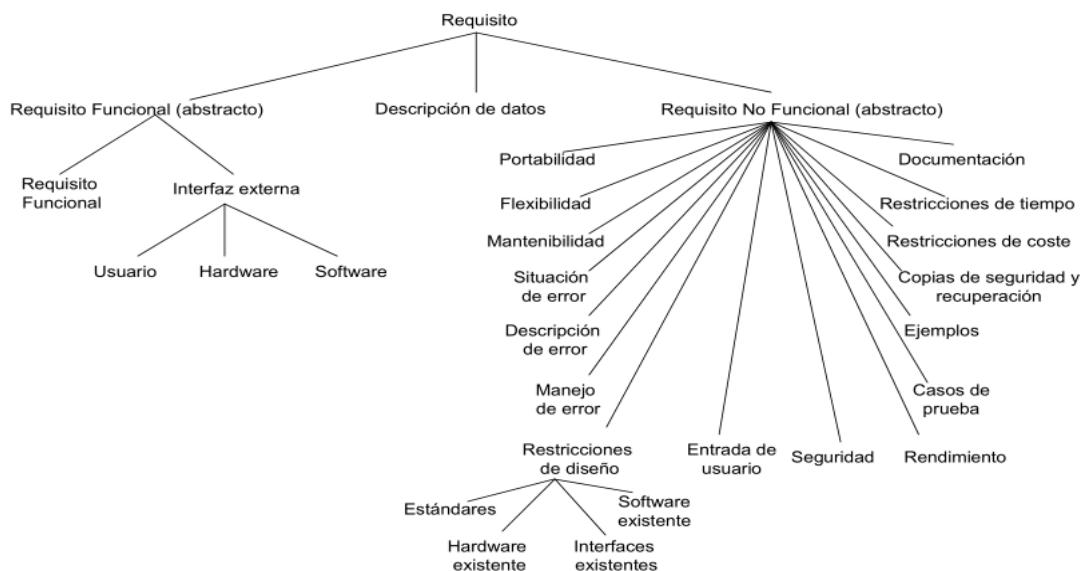
1. Prácticamente el **100% de los encuestados son positivos** en relación con adoptar algún tipo de tecnología digital para mejorar el entrenamiento de kumite.
2. **El vídeo e Internet** son dos herramientas ampliamente utilizadas tanto por Maestros como por alumnos.
3. La herramienta debería permitir **analizar el kumite en tiempo real**, y poder hacer un **seguimiento a posteriori de la actividad**.
4. Durante el kumite, **existe comunicación directa** entre alumno y Maestro.
5. Los Maestros querrían **poder ver vídeo y parámetros de actividad** en algún dispositivo en tiempo real.
6. Para la mayoría de los alumnos es importante poder tener **un feedback y análisis** de los ejercicios de kumite realizados.
7. Los principales parámetros que desean analizar tanto Maestros como alumnos son:
  - a. Movimientos.
  - b. Técnica.
  - c. Datos sensoriales.
  - d. Estrategia de kumite.

### 3.2 Requisitos

Los principales requisitos que surgen de los sistemas informáticos son los denominados funcionales y no funcionales.

Se ha seguido el siguiente esquema jerárquico sobre requisitos:

## DIMENSIONES DE LOS REQUISITOS



Jerarquía de especialización de RSM – adaptado de (Pohl, 1997)

Ilustración 29. Dimensiones de los requisitos

Como requisitos o requerimientos funcionales tenemos aquellas declaraciones de los servicios que provee el sistema, las reacciones de éste a entradas de diferentes usuarios. También pueden declarar explícitamente lo que el sistema no debe hacer.

Los requisitos no funcionales sin embargo inciden sobre las funciones y propiedades emergentes alrededor del sistema tales como: la fiabilidad, la usabilidad, la respuesta en tiempo y la capacidad de almacenamiento.

Analizando las conclusiones (1), se entiende que el mundo del karate acogería de buen grado una herramienta que aplicara nuevas tecnologías. Además, la herramienta debería aportar soluciones en tiempo real y en diferido (2,3), por lo que la aplicación deberá tener 2 módulos, uno que apoye el entrenamiento en tiempo real, y otro módulo que ofrezca herramientas en diferido.

#### Módulo de entrenamiento en Tiempo Real

- RF1: La aplicación de entrenamiento deberá mostrar información en vídeo en tiempo real; vídeo sin filtro, y video con filtro OpenCV. (De 1,2,3)

- RF2: La aplicación de entrenamiento deberá recoger indicadores que reflejen los principales parámetros demandados por Maestros y alumnos: Movimientos, técnica, datos sensoriales y datos iniciales. (De 5,7)
- RF3: Visualizar información de los luchadores en pantalla en tiempo real. (De 3)
- RF4: Comunicación luchadores Maestro en tiempo real. (De 4)
- RF5: Mejorar el vídeo capturado. Prueba con Dron. (De 3,5)
- RF6: Diseñar algoritmos de IA para establecer estrategias de combate. (De 7)
- RF7: Grabar la sesión en una BBDD para poder ser visualizada en el módulo web (De 6)

#### **Módulo de Visualización web**

1. RF8: La aplicación web de Alumno mostrará la siguiente información principal: datos medios aplicación entrenamiento y vídeos grabados en las sesiones (De 3,6,7)
2. RF9: La Aplicación web de Maestro mostrará: Listado de alumnos y sus datos/vídeos alumno. (De 3,7)
3. RF10: La Aplicación web de Maestro/Alumno deberá conectar con alguna aplicación de estudio de algoritmos de IA. (De 7)

A continuación, se presentan las tablas con los diferentes requerimientos funcionales y no funcionales definidos para el sistema Kumitrón. Para su identificación se han tenido en cuenta los requisitos de usuario, los sistemas analizados en el estado del arte, y la propia experiencia como practicante.

### 3.2.1. Requisitos Funcionales

ID	DESCRIPCIÓN	TIPO
<b>RF1</b>	La aplicación de entrenamiento deberá mostrar información en vídeo en tiempo real; vídeo sin filtro, y video con filtro OpenCV.	De Usuario
<b>RF2</b>	La aplicación de entrenamiento deberá recoger los siguientes datos: pulso, respiración(opcional), acelerómetro, giroscopio y temperatura.	De Usuario
<b>RF3</b>	Sincronización de datos de sensores y vídeo de forma sincronizada y en tiempo real.	De Usuario
<b>RF4</b>	Comunicación luchadores Maestro en tiempo real.	De Usuario
<b>RF5</b>	Mejorar el vídeo capturado. Prueba con Dron.	De Usuario
<b>RF6</b>	Diseñar algoritmos de IA para establecer estrategias de combate. Hacer conexión a programa Weka	De Usuario
<b>RF7</b>	Grabar la sesión en una BBDD para poder ser visualizada en el módulo web.	De Usuario
<b>RF8</b>	La aplicación web de Alumno mostrará la siguiente información principal: datos medios aplicación entrenamiento y vídeos grabados en las sesiones.	De Usuario
<b>RF9</b>	La Aplicación web de Maestro mostrará: Listado de alumnos y sus datos/vídeos alumno.	De Usuario
<b>RF10</b>	La Aplicación web de Maestro/Alumno deberá conectar con alguna aplicación de estudio de algoritmos de IA	De Usuario
<b>RF11</b>	El software podrá ser utilizado en los siguientes sistemas operativos: Windows, Linux y OSX.	De Interfaces Externas
<b>RF12</b>	La aplicación podrá funcionar sin instalar ningún tipo de software adicional a parte del navegador.	De Interfaces Externa
<b>RF13</b>	Los navegadores compatibles con la aplicación serán al menos: Chrome, Firefox e Internet Explorer.	De Interfaces Externa
<b>RF14</b>	El sistema controlará el acceso de usuarios al sistema, permitiendo sólo el mismo a usuarios autorizados. El acceso estará controlado a través de usuario y contraseña.	De Seguridad
<b>RF15</b>	El login en la aplicación se realizará mediante un formulario diseñado para ello.	De Interfaz Gráfica
<b>RF16</b>	En caso de login erróneo, el sistema enviará una notificación de error.	De Interfaz Gráfica
<b>RF17</b>	El sistema permitirá el registro mediante un formulario.	De Interfaz Gráfica
<b>RF18</b>	El sistema lanzará un mensaje de error en el registro.	De Interfaz Gráfica
<b>RF19</b>	El sistema controlará el acceso y permitirá sólo el acceso a usuarios autorizados	Legal

Tabla 5. Requisitos Funcionales de Kumitrón

### 3.2.2. Requisitos no funcionales

ID	DESCRPCIÓN	TIPO
<b>RNF1</b>	Toda transacción y funcionalidad del sistema debe responder en menos de 5 segundos al usuario.	Eficiencia
<b>RNF2</b>	Los datos modificados en las diferentes bases de datos del sistema deben tener una actualización de acceso de 2 segundos.	Eficiencia
<b>RNF3</b>	Los permisos de acceso al sistema sólo podrán ser cambiados por el administrador de acceso a datos.	Seguridad Lógica y Datos
<b>RNF4</b>	El sistema debe desarrollarse aplicando patrones de programación que mejoren la seguridad de los datos.	Seguridad Lógica y Datos
<b>RNF5</b>	Si se identifican ataques de seguridad, el sistema dejará de operar hasta que un administrador de seguridad desbloqueé el sistema.	Seguridad Lógica y Datos
<b>RNF6</b>	Un usuario debería de poder aprender el sistema en un tiempo estimado menor de 4 horas.	Usabilidad
<b>RNF7</b>	El sistema debe de contar con un manual de Usuario bien estructurado.	Usabilidad
<b>RNF8</b>	El sistema lanzará mensajes de error informativos y orientados a usuario final.	Usabilidad
<b>RNF9</b>	Para una buena visualización en hardware variado, la web debe tener un diseño “Responsive”.	Usabilidad
<b>RNF10</b>	Las interfaces gráficas del sistema deben estar bien formadas.	Usabilidad
<b>RNF11</b>	El porcentaje de acceso para el usuario en el sistema debe ser del 99,99%.	Dependibilidad
<b>RNF12</b>	El tiempo de inicio y de reinicio debe de ser menor de 5 minutos.	Dependibilidad
<b>RNF13</b>	La aplicación no revelará datos de usuarios a otros usuarios registrados.	Externos

Tabla 6. Requisitos no funcionales de Kumitrón

### 3.3 Diseño arquitectónico

De los requisitos de Usuario, se deducen una serie de premisas para el diseño arquitectónico del sistema.

Para el desarrollo arquitectónico, es necesario desarrollar un módulo que trabaje en tiempo real, y otro que trabaje en remoto.

#### **Módulo de entrenamiento en Tiempo Real**

Este módulo de ser capaz de resolver los requisitos de usuario 1-7, por lo que se debe crear un sistema de hardware y software que sea capaz de cumplir con estos requisitos.

Para ello se utiliza el hardware de dron, kit Arduino que suministran los datos de vídeo, datos sensoriales e iniciales.

Además, se usa un micrófono y auriculares inalámbricos para la comunicación entre el Maestro y el alumno durante el combate.

Por otro lado, se ha desarrollado una aplicación en Java capaz de recoger toda esta información y plasmarla en una pantalla en tiempo real y además aplicar algoritmos de visión artificial al vídeo recogido.

Por último, todo esto queda grabado en una base de datos, para poder ser utilizado por la aplicación web.

#### **Módulo web de visualización**

Se trata de una aplicación web que permite acceder a las sesiones grabadas, y poder así analizar los ejercicios realizados en las sesiones de entrenamiento. Este módulo satisface los Requisitos usuario 8-10.

La aplicación web permite el acceso desde cualquier dispositivo para poder obtener los datos de los kumites realizados y guardados en un área personal de alumno.

El Maestro puede realizar un seguimiento de sus alumnos accediendo a los datos grabados de las sesiones de cada uno de ellos.

Además, se conecta el programa con aplicación de Aprendizaje Automático para poder entrenar los algoritmos de IA.

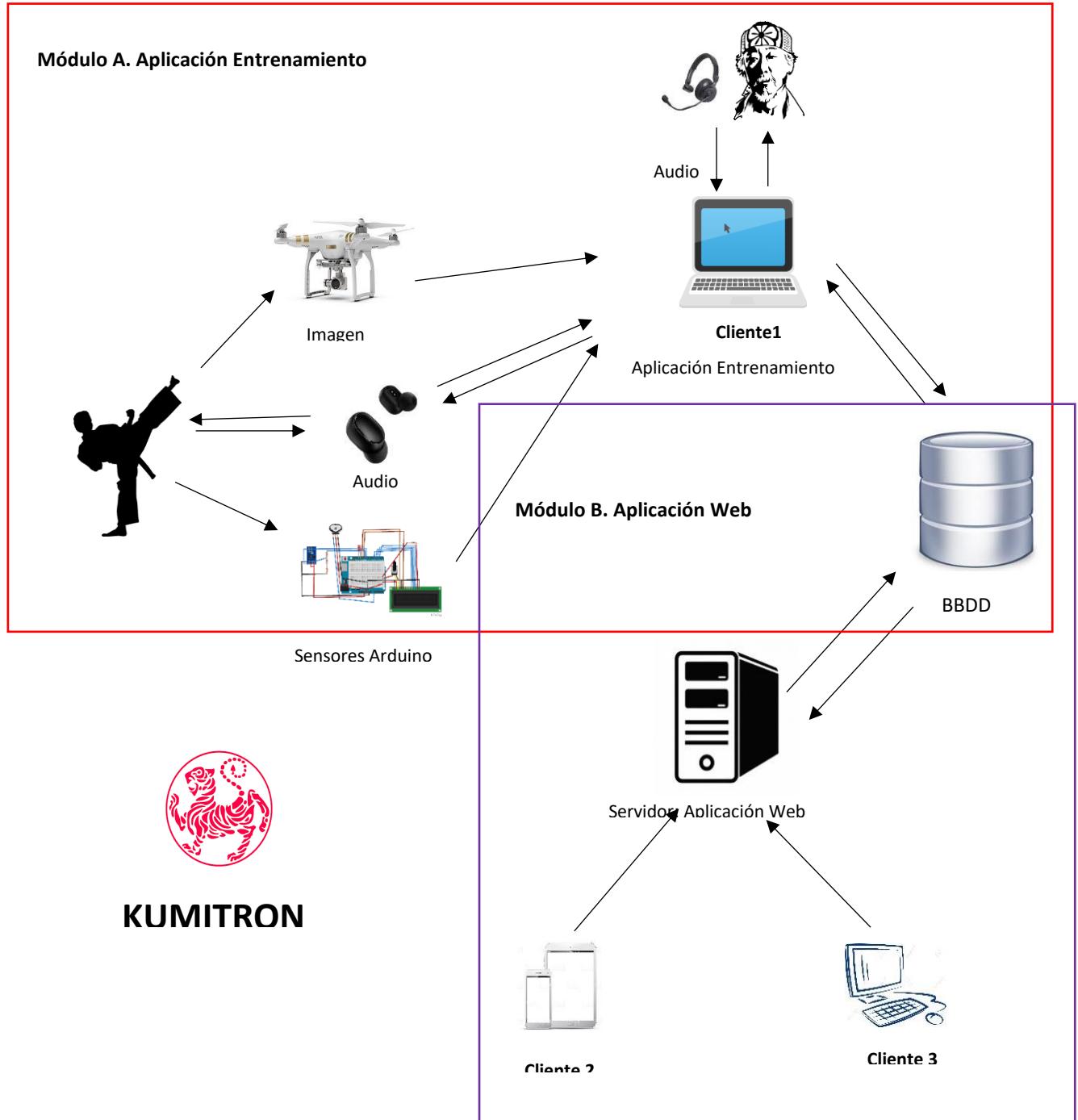


Ilustración 30. Diseño arquitectónico Kumitrón

El diseño arquitectónico completo, puede subdividirse en dos módulos principales. El módulo de entrenamiento y monitorización de la actividad, y el módulo de visualización de datos grabados.

### 3.3.1 Módulo de entrenamiento de kumite

Este módulo permite:

- Visualizar el Kumite en vídeo en Tiempo Real.
- Visualizar el vídeo de kumite con algoritmos de JavaCV en Tiempo Real.
- Comunicación Maestro - karatekas para dar instrucciones de estrategia de combate.
- Visualizar datos sensoriales e iniciales en tiempo real.
- Grabar los datos obtenidos del Hardware en una base de datos.

Su estructura de hardware es:

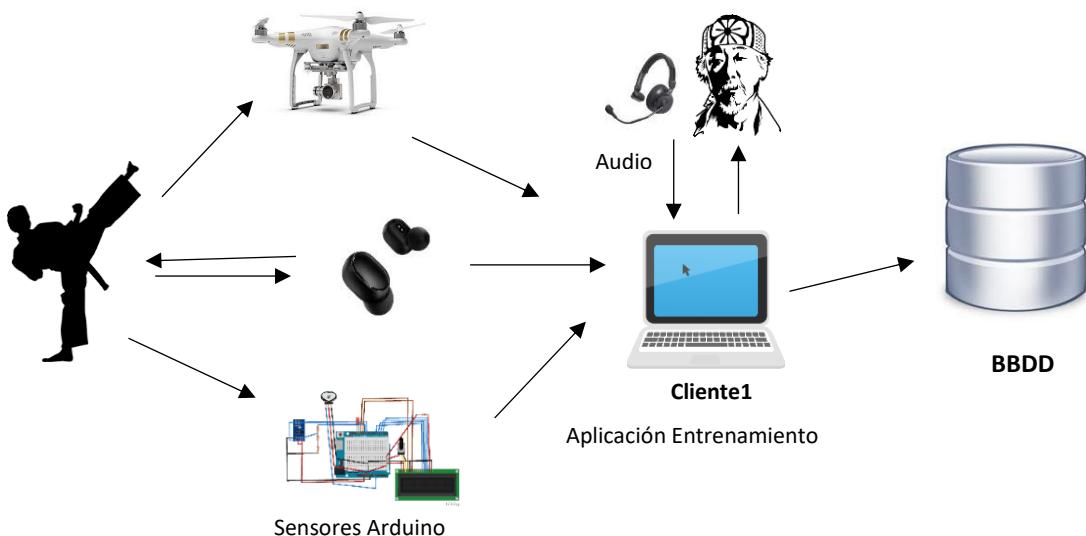


Ilustración 31. Módulo Entrenamiento Kumitron

#### Módulo Arduino

La placa Arduino que se ha usado es la placa Arduino MKR WIFI 1010, que es una placa Arduino con un módulo WIFI incorporado. Esto ha significado un avance importante ya que el conectar un módulo WIFI a la placa Arduino normal generaba muchos problemas de comunicación.

Los elementos que se han añadido a la placa de hardware son un sensor de pulso y un acelerómetro/giroscopio.

La conexión del pulsímetro Pulsioxímetro MakerHawk MAX30102 con la placa Arduino es la siguiente.

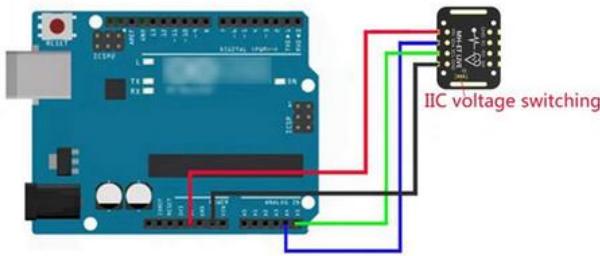


Ilustración 32. Pulsioxímetro MakerHawk MAX30102

Por otro lado, el circuito para conectar el acelerómetro/giroscopio: Unidad Inercial AZDelivery GY-521 MPU-6050 es el siguiente:

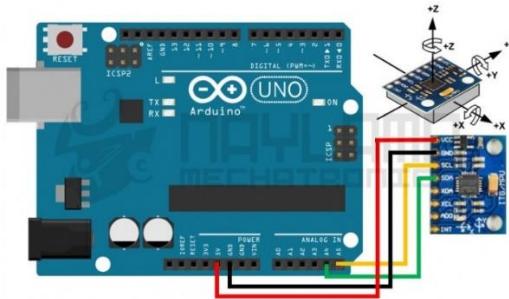


Ilustración 33. Giroscopio AZDelivery GY-521 MPU-6050

Añadiendo estos dos componentes a la placa Arduino estará completado el circuito y quedaría realizar la programación de este.

### Software

Para el diseño del módulo de entrenamiento se utilizan el lenguaje de Arduino y el lenguaje Java. Para extraer la información de los sensores Arduino es necesario hacerlo a través de un pequeño programa en Arduino que recoja la información que los sensores van emitiendo. Arduino usa un lenguaje similar a C/C++.

Para que el programa y los sensores estén bien coordinados y se recojan bien los datos son necesarios seguir los siguientes pasos.

1. Realizar mediciones del MPU6050.
2. Calibración del sensor.
3. Escalado de lecturas.
4. Cálculo del ángulo de inclinación con el acelerómetro.
5. Cálculo del ángulo de rotación con el giroscopio.
6. Implementar un filtro de complemento: acelerómetro + giroscopio.

Tanto el circuito de pulso (MAX30105), como el de aceleración (MPU6050) envían la señal en formato digital a través del bus I2C en la placa de Arduino (MKR Wifi 1010).

Para el envío de información se emplea un protocolo de "chat" mediante un servidor TCP corriendo en el ordenador "host"

Cada luchador es visto como un cliente de chat que envía sus datos en forma de mensajes.

{Luchador (Pulso, Aceleración,)}-->bus I2C-->{MKR Wifi 1010}-->((wifi))-->Programa Arduino--> aplicación Kumitrón

Los sensores que lleva el luchador se transmiten a través del busI2C con el módulo WIFI de la placa Arduino. A través de del WIFI se conecta con el programa Arduino que lee los valores. El programa Arduino se comunica con la aplicación Kumitrón, enviándole los valores que recibe de los sensores.

La aplicación Java, ha de hacer de servidor y recibir los datos que le envía el programa de Arduino con la info de los sensores de cada luchador.

### 3.3.2 Módulo web

El módulo de visualización de los datos grabados consiste en una aplicación web donde los karatekas y Maestros pueden conectarse y acceder a los datos de las sesiones grabadas. Uno de los requisitos de usuario para el diseño de la web es que fuera accesible desde cualquier dispositivo, tanto un ordenador fijo como móvil.

El módulo de monitorización graba las sesiones y los pasa la base de datos que sirve y alimenta al servidor web.

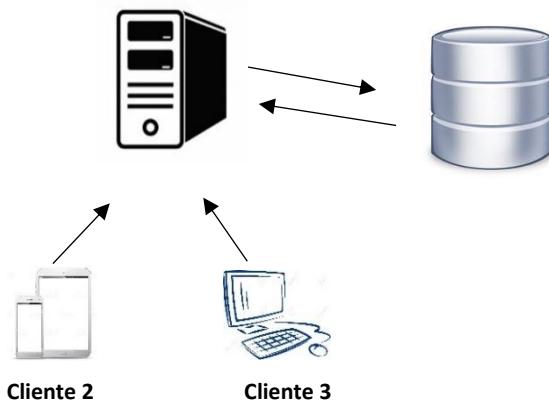


Ilustración 34. Módulo web Kumitrón

La información captada y monitorizada en las sesiones de kumite, son recogidas por el sistema que los almacena en una base de datos. Esta información es accesible por los alumnos y el Maestro a través de una aplicación específica desarrollada para ello. Esta aplicación ha sido desarrollada a través de una arquitectura web que sigue el patrón **MVC** programada con Servlets y jsp-s de Java.

Según la Wikipedia, el **Modelo-vista-controlador (MVC)** es un patrón de arquitectura de software que separa los datos y la lógica de negocio de una aplicación de su representación y el módulo encargado de gestionar los eventos y las comunicaciones.

- **Modelo:** Se encarga de los datos, generalmente (pero no obligatoriamente) consultando la base de datos. Actualizaciones, consultas, búsquedas, etc. todo eso va aquí, en el modelo.
- **Controlador:** Se encarga de controlar, recibe las órdenes del usuario y se encarga de solicitar los datos al modelo y de comunicárselos a la vista.

- **Vistas:** Son la representación visual de los datos, todo lo que tenga que ver con la interfaz gráfica va aquí. Ni el modelo ni el controlador se preocupan de cómo se verán los datos, esa responsabilidad es únicamente de la vista.

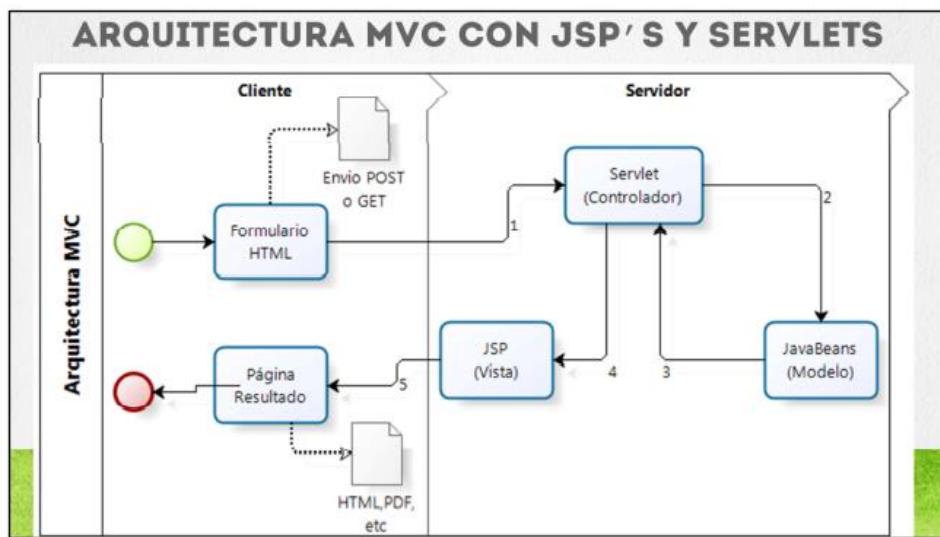


Ilustración 35. Servlets y JSP

El uso de la tecnología JSP tiene una serie de ventajas a la hora la programación web. A pesar de llevar muchos años de rodaje, el hecho de estar basado en Java le dota de gran robustez y de las siguientes ventajas:

Además, para mejorar el rendimiento de la aplicación, se suprime los archivos HTML, eliminando la capa cliente, y trabajando directamente en el servidor. Esto hace que la aplicación sea más rápida y robusta en su funcionamiento. Las páginas programadas en HTML se incluyen con cabeceras de lenguaje Java JSP que las convierte en archivos de tipo .JSP, tal y como se muestra a continuación.

```
<%@ page language="java" contentType="text/html; charset=ISO-8859-1" pageEncoding="ISO-8859-1"%>
```

### 3.4 Modelo conceptual

Para una comprensión del problema se diseña un diagrama de Modelo Conceptual del problema principal a resolver, la representación de la herramienta de entrenamiento Kumitrón.

El modelo del dominio muestra las clases conceptuales significativas en un dominio del problema; es el artefacto más importante que se crea durante el análisis orientado a objetos. Para la identificación de las clases conceptuales del sistema se ha utilizado una lista de categorías generales que pudiera identificar las clases necesarias para definir el problema.

Categoría de Clases Conceptuales	Clases conceptuales Kumitrón
Objetos tangibles o físicos	Registro
Especificaciones, diseños, o descripciones de las cosas	Especificación parámetros
Lugares	
Transacciones	Captura
Líneas de Transacción	
Roles de la gente	Usuario (Karateka), Administrador
Contenedores de otras cosas	ListaDeParametros, Device
Cosas en un contenedor	Parámetros, Cámara, SensoresArduino

Ilustración 36. Clases conceptuales Kumitrón

Además de estas clases obtenidas mediante esta técnica, se han añadido otras a través de la abstracción del funcionamiento real del dominio.

La clase **KUMITRÓN** (Sistema) registra una **captura** que se inicia por el **Usuario(karateka)** y el **Administrador**. La captura viene diferentes fuentes de Hardware, materializados en la clase **Device**. La captura contiene diferentes **líneas de captura** provenientes de diferente hardware que a su vez contienen diferentes **parámetros** con **especificaciones** diferentes. Además, **KUMITRÓN** dispone de módulos específicos de **gestión de captura** y de **inteligencia artificial**.

A través de la identificación y la interrelación de estas clases, se ha diseñado el modelo conceptual de KUMITRÓN en el diagrama siguiente.

## Diagrama Modelo Conceptual KUMITRÓN

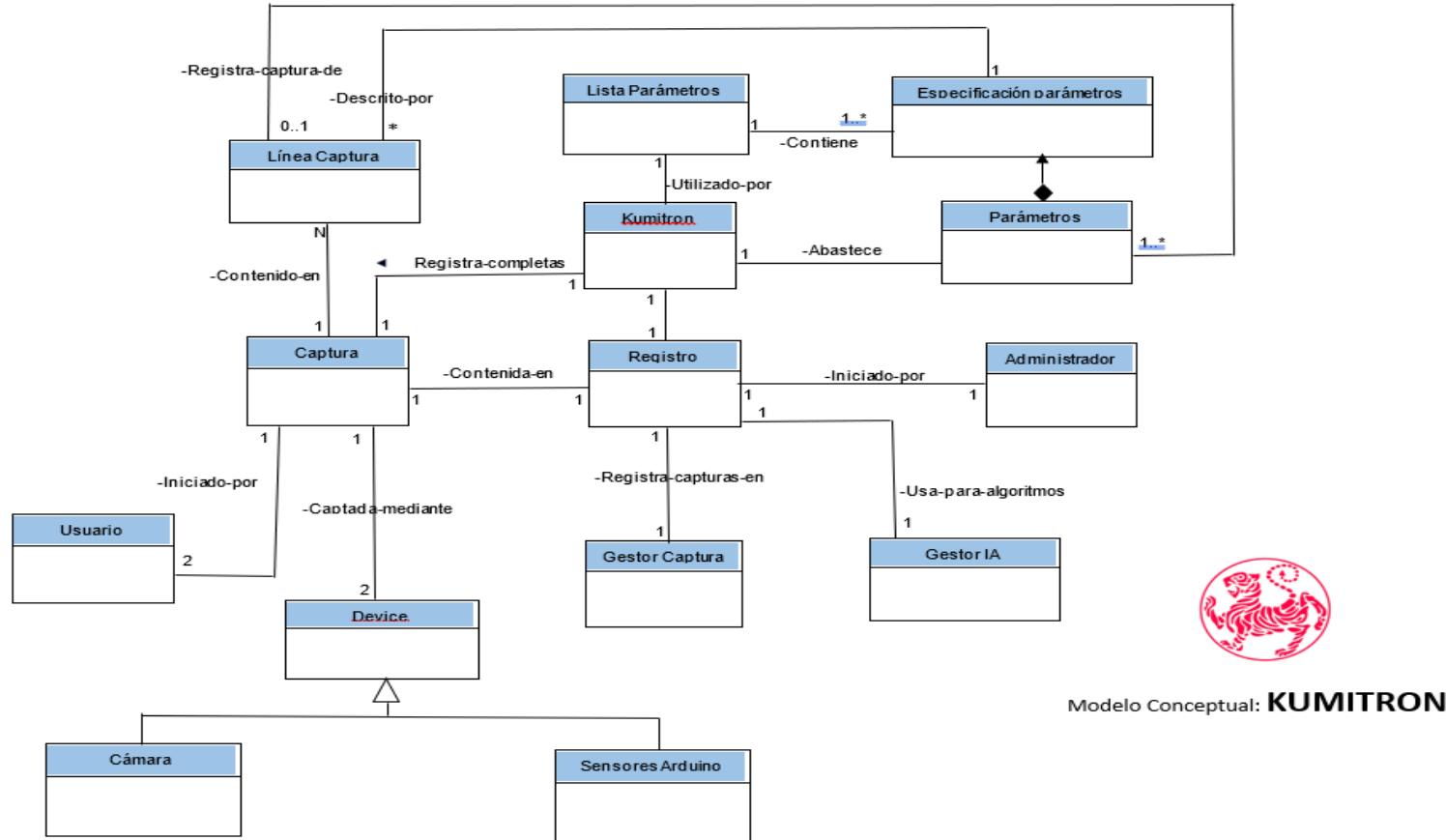


Ilustración 37. Modelo conceptual

### 3.5 Recursos

Para la realización de un correcto proyecto informático, es necesaria la interacción de los factores humano, hardware y software. A continuación, se describen los diferentes elementos de software específicos para este PFG, que complementan la infraestructura genérica indicada en el apartado 1.2.2.

#### 3.5.1 Recursos humanos

Las personas involucradas en la realización de este proyecto hemos sido 2 principalmente, yo como alumno y la directora del PFG Olga C. Santos.

#### 3.5.2 Recursos hardware

##### Laptop portátil ASUS F555LD

15,6" HD / Intel® Core™ i7-5500U / RAM 8GB DDR3L / HDD 1TB SATA / NVIDIA® GeForce® GT 820M / Modelo. 90NB0623-M15860

##### Dron DJI Tello

Dron de la marca DJI. Dron quadcopter, con cámara integrada (vídeo 720p, fotografías de 5MP). Ligero y seguro con 13 minutos de vuelo. Sistema de comunicación.



Ilustración 38. Dron [sacada de [www.amazon.es](http://www.amazon.es)]

##### Auriculares MPow Flame

Auriculares Mpow Flame IPX7 impermeables con Bluetooth 4.1, auriculares con cancelación de ruido, auriculares estéreo HiFi inalámbrico de deporte con funda de micrófono



Ilustración 39. Auriculares [sacada de [www.amazon.es](http://www.amazon.es)]

### **Micrófono multimedia - Ewent EW3550**

Micrófono Multimedia para grabar sonidos, capaz de realizar llamadas con manos libres a través de Internet. El micrófono posee soporte regulable y un clip adhesivo y es válido para conexiones de Jack estéreo 3.5 mm mini



*Ilustración 40. Micrófono [sacada de www.amazon.es]*

### **Dispositivo Xiaomi Redmi 8**

Smartphone basado en Android con las siguientes características:

1. 48MP Quad cámara trasera, 48MP + 8MP + 2MP + 2MP cámaras, Imágenes HD, selfie de belleza, Macro y gran angular.
2. Snapdragon 655 Octa Core de hasta 2,0 GHz.
3. 6,3" 19,5: 9 gotas de agua Pantalla.
4. Batería grande de 4000 mAh, cargador rápido de 18 W.

El uso de este dispositivo móvil es el de hacer las pruebas de funcionamiento del módulo de visualización de sesión. El acceso a los datos se tiene que poder hacer desde cualquier dispositivo, móvil, Tablet o pc. Es por esto que este dispositivo sirve para poder acceder a la aplicación.

### **Placa ARDUINO MKR WIFI 1010**

MKR Wifi 1010 es una placa Arduino que permite acelerar y simplificar la creación de prototipos de aplicaciones IoT basadas en Wifi. Incluye el módulo Wifi ESP32 de U-blox y ofrece un bajo consumo de energía. Se utiliza como punto de entrada a IoT y tiene cobertura en distancias cortas, por lo que es adecuado para interiores gracias a las conexiones Wifi Bluetooth.



*Ilustración 41. Placa Arduino [sacada de www.amazon.es]*

### **Pulsioxímetro MakerHawk MAX30102**

MAX30102 es un módulo integrado de biosensor de monitor de ritmo cardíaco que incluye un sensor de frecuencia cardíaca y un sensor de oxígeno en sangre, compatible con las diferentes placas base de Arduino, tanto la STM32, MKR WIFI 1010 y resto de versiones diferentes. Integra un LED rojo con un LED infrarrojo, un detector fotoeléctrico, un dispositivo óptico y un circuito electrónico de bajo ruido con supresión de la luz ambiental. MAX30102 utiliza una fuente de alimentación de 1.8V y una fuente de alimentación independiente de 5.0V para LED interno. Se puede utilizar en equipos portátiles para el ritmo cardíaco y la adquisición y detección de oxígeno en la sangre. Se puede usar en dedos, orejas y muñecas.

La interfaz de comunicación es compatible con I2C estándar y puede transferir los datos recopilados a Arduino para el cálculo de la frecuencia cardíaca y el oxígeno en la sangre. Además, el software puede apagar el chip y la corriente de espera es casi cero, por lo que el suministro siempre puede mantenerse.



*Ilustración 42. Pulsímetro [sacada de [www.amazon.es](http://www.amazon.es)]*

### **Unidad Inercial AZDelivery GY-521 MPU-6050**

AZ-Delivery GY-521 MPU-6050 es un módulo para Arduino basado en el chip MPU-6050 NEMS, y combina un giroscopio de 3 ejes y un acelerómetro de 3 ejes con un procesador digital de movimiento (DMP), y un sensor de temperatura.



*Ilustración 43. Giroscopio + Acelerómetro [sacada de [www.amazon.es](http://www.amazon.es)]*

#### **3.5.3 Recursos de software**

**Para el desarrollo sobre Arduino se ha usado el IDE Arduino 1.8.10.**

Arduino es fue creado por un grupo de estudiantes en Italia en 2005. Se desarrolló para hacer que la electrónica fuera sencilla de trabajar sobre ella. No es necesario tener profundos conocimientos en electrónica ni ser un experto programador para trabajar con este sistema.

Existe un IDE que permite la programación de placas Arduino usando un lenguaje similar al C++. Hay dos funciones que contienen cada boceto escrito en el lenguaje Arduino. Estas son `setUp()` y `loop()`. Un sketch siempre comienza con `setUp()`, que se ejecuta una vez después de encender o reiniciar la placa Arduino.

Después de crearlo, se utiliza `loop()` para hacer un bucle del programa repetidamente hasta que se apague o se reinicie la placa. Igual que el lenguaje C++, se trata de un lenguaje de propósito general asociado a un sistema operativo llamado Unix, y, por tanto, posee una gran portabilidad.

### 3.5.4 Justificación de la solución técnica adoptada

A la hora de seleccionar la tecnología que más se adecuara a nuestro proyecto, se hubieron de valorar varios elementos técnicos. A continuación, se exponen en una tabla los diferentes sistemas de monitorización de datos con los que me he encontrado, y la comparativa técnica entre ellos.

#### *Captación de vídeo*

Desde un primer momento, se ha tenido claro que para la captación de vídeo era conveniente utilizar un dron. Esto es debido a que el Kumite es una actividad de gran movilidad, donde es necesario tener una correcta visión del combate. Esto puede lograrse a través de un sistema de varias cámaras en diferentes ángulos (como se hace tradicionalmente), o aprovechando las ventajas del uso del dron, que se comentaron en la sección 2.1.

A modo de ejemplo de un sistema con varias cámaras está el que se utiliza en los campeonatos de kumite (Federation, 2018).

#### **Visualización de un solo Tatami**

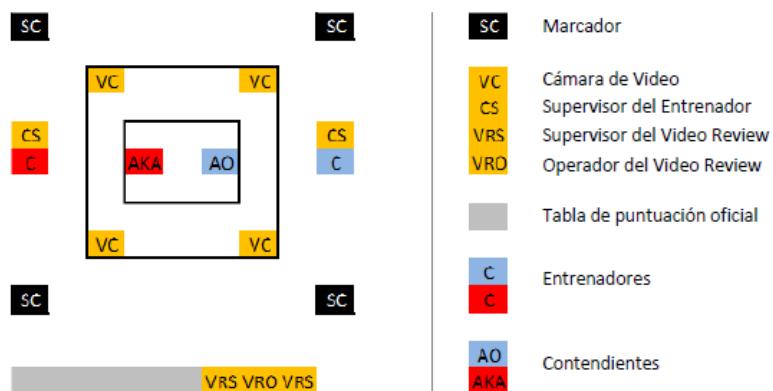


Ilustración 44. Tatami Kumite [sacada de Normativa de competición de kumite y kata, Federación Española Karate 2019]

Como se puede ver en la Ilustración 44, este sistema de monitorización de vídeo es muy complejo y requiere un programa complejo para el manejo de las diferentes cámaras. Por esto se ha propuesto utilizar un dron para ver si es capaz de ofrecer la misma funcionalidad (o mejor) de forma más cómoda y económica.

#### *Monitorización a través de sensores*

A la hora de seleccionar el hardware para monitorizar los datos iniciales y sensoriales, existen diferentes opciones, como hemos podido comprobar en el punto 2. A continuación se expone una tabla con los diferentes modelos analizados, aunque para este PFG sólo ha sido utilizado el hardware Arduino.

Elemento	Descripción	Sensores y conexión	Conexión	Mercado	Referencia
<b>Xiaomi MiBand4</b> 	- Pantalla: 0,95" AMOLED - Batería: 135 mAh - Almacenamiento: 16MB - Memoria: 512KB	Bluetooth 5.0, acelerómetro, giroscopio, sensor de frecuencia cardíaca PPG, sensor de proximidad	Aplicación MiFit	Amplio	<b>TFG:</b> Aplicación móvil y web para la monitorización de datos recogidos mediante la pulsera inteligente MiBand 2 usando BLE y la plataforma Fi-ware (Garrido, 2017)
<b>Hexiwear</b> 	Procesador MCU Kinetis K64x de NXP, batería de litio, pantalla OLED de 1.1", interfaz táctil y led RGB.	BLE, Acelerómetro tridimensional, Magnetómetro tridimensional, Giroscopio triaxial, Sensor de presión. Sensor de pulsaciones. Sensor de humedad. Sensor óptico.	Smartphone apps, y Cloud Access	Medio	<b>TFG:</b> Sistema para la supervisión remota de actividad física de pacientes mediante pulseras de sensores (Christian González García Muñoz 2017-2018)
<b>Placa Arduino</b> 	Microcontrolador: <i>ATmega328</i> , Voltaje Operativo: 5v, Voltaje de Entrada (Recomendado): 7 – 12 v, Pines de Entradas/Salidas Digital: 14 (De las cuales 6 son salidas PWM), Pines de Entradas	Hardware libre con gran cantidad de sensores de tipo: 1) Acelerómetros, Giroscopios, compas, etc. 2) Barométricos 3) Biométricos 4) De campo Magnético 5) De Flexibilidad 6) De Fuerza 7) De Gas 8) De Humedad, Agua, etc. 9) De Infrarrojos 10) De líquidos 11) De	Arduino IDE	Amplio	TFG: KUMITRÓN. Jon Etxeberria San Millán.

	Análogas: 6, Memoria Flash: 32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB es usado por Bootloader, SRAM: 2 KB (ATmega328), EEPROM: 1 KB (ATmega328), Velocidad del Reloj: 16 MHZ.	Luminosidad, color, etc. 12) De Movimiento 13) De Proximidad 14) De temperatura 15) Piezoeléctricos 16) Pir 17) E-Health. WIFI			
--	--	--	--	--	--

Tabla 7. Sistemas monitorización Sensorial

A la hora de elegir un sistema de sensores que monitoricen la actividad física de Karate, la búsqueda principal ha sido buscar un sistema abierto que permita la escalabilidad de este para poder dotar de nuevas funciones en la medida que estos son requeridos. Esta premisa ha sido clave para descartar la opción de pulseras comerciales como las que ofrece Xiaomi.

**Pulseras comerciales (Xiaomi):** Se descartan este tipo de tecnología por las siguientes razones principales:

- Hardware cerrado: no se pueden añadir sensores nuevos y diferentes según las necesidades que van surgiendo.
- Conexión BLE: es un tipo de transmisión de datos menos fiable que la conexión WIFI.
- Extracción de los datos de la App del fabricante: esto requiere conectarse a la nube a la aplicación del fabricante, lo que puede generar retardos en la transmisión de datos a la monitorización en tiempo real de la aplicación KUMITRÓN, además de comprometer la privacidad de los usuarios.

**Sistema Hexiwear:** Presenta muchas similitudes con el sistema Arduino, en cuanto a que es Open Source y escalable. Sin embargo, el protocolo de comunicación es BLE, lo cual resulta menos fiable. Además, no presenta un universo tan amplio de hardware y no es tan amplia su implantación. Esto hace que resulte que haya menos proyectos, y que su aprendizaje no sea tan sencillo.

**Placas Arduino:** Las placas Arduino son hardware open source con capacidad de incorpora una gran cantidad de sensores y dar soluciones para la monitorización del entorno de forma económica. Arduino dispone de una amplia variedad de placas para usar dependiendo de nuestras necesidades. Las placas base de Arduino son compatibles y usan el mismo lenguaje de programación, pero su estructura física es diferente y pueden incorporar en la misma algunos sensores por defecto que diferencia unas de otras.

#### *Lenguaje de programación*

Para la programación del módulo de visualización web se ha elegido la tecnología Java de jsp y servlets.

Los Servlets Java son más eficientes, fáciles de usar, más poderosos, más portables, y más baratos que el CGI tradicional y otras muchas tecnologías del tipo CGI

- **Eficiencia.** Con CGI tradicional, se arranca un nuevo proceso para cada solicitud HTTP. Si el programa CGI hace una operación relativamente rápida, la sobrecarga del proceso de arrancada puede dominar el tiempo de ejecución. Con los Servlets, la máquina Virtual Java permanece arrancada, y cada petición es manejada por un thread Java de peso ligero, no un pesado proceso del sistema operativo. De forma similar, en CGI tradicional, si hay N peticiones simultáneas para el mismo programa CGI, el código de este problema se cargará N veces en memoria. Sin embargo, con los Servlets, hay N threads, pero sólo una copia de la clase Servlet. Los Servlet también tienen más alternativas que los programas normales CGI para optimizaciones como los cachés de cálculos previos, mantener abiertas las conexiones de bases de datos, etc.
- **Conveniencia.** Junto con la conveniencia de poder utilizar un lenguaje familiar, los Servlets tienen una gran infraestructura para análisis automático y decodificación de datos de formularios HTML, leer y seleccionar cabeceras HTTP, manejar cookies, seguimiento de sesiones, y muchas otras utilidades.
- **Potencia.** Los Servlets Java nos permiten fácilmente hacer muchas cosas que son difíciles o imposibles con CGI normal. Por algo, los servlets pueden hablar directamente con el servidor Web. Esto simplifica las operaciones que se necesitan para buscar imágenes y otros datos almacenados en situaciones estándares. Los Servlets también pueden compartir los datos entre ellos, haciendo las cosas útiles como almacenes de conexiones a bases de datos fáciles de implementar. También pueden mantener información de solicitud en solicitud, simplificando cosas como seguimiento de sesión y el caché de cálculos anteriores.
- **Portable.** Los Servlets están escritos en Java y siguen un API bien estandarizado. Consecuentemente, los servlets escritos, digamos en el servidor I-Planet Enterprise, se pueden ejecutar sin modificarse en Apache, Microsoft IIS, o WebStar. Los Servlets están soportados directamente o mediante plug-in en la mayoría de los servidores Web.
- **Barato.** Hay un número de servidores Web gratuitos o muy baratos que son buenos para el uso "personal" o el uso en sitios Web de bajo nivel. Sin embargo, con la excepción de Apache, que es gratuito, la mayoría de los servidores Web comerciales son relativamente caros. Una vez que tengamos un servidor Web, no importa el coste del servidor, añadirle soporte para Servlets (si no viene preconfigurado para soportarlos) es gratuito o muy barato.

### 3.6 Casos de uso

Los actores principales o tipo de usuario de aplicación en este caso serán dos: el Karateka y el administrador. Además, de la figura del Karateka surgen dos perfiles o roles diferenciados: Maestro y Alumno.

El Maestro es el organizador de las sesiones, y el que diseña los tipos de ejercicios que se van a realizar. Aunque por defecto los kumites se ajustan a las reglas de tiempo y forma de la Federación Española de Karate, el Maestro puede introducir variantes de diferente tipo:

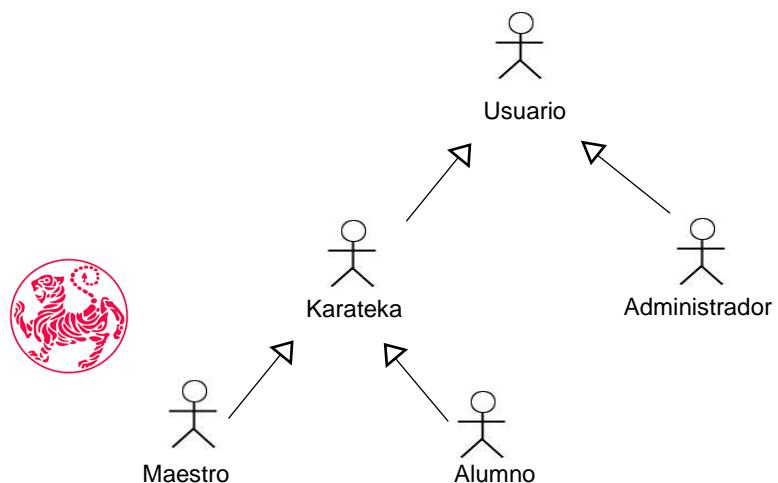


Ilustración 45. Actores principales de los casos de uso

- Tiempo: Puede variar la duración del kumite por motivos varios (edades practicantes, lesiones, carga de trabajo...)
- Técnicas a emplear: Al ser un entrenamiento personalizado, el Maestro conoce los puntos débiles y las fortalezas de sus alumnos. Esto hace que el Maestro pueda querer que los alumnos usen determinadas técnicas concretas para mejorarlas.
- Estrategia de Ataque/Defensa: El Maestro puede incidir en cada alumno a que desarrolle un tipo de estrategia de combate determinada para obtener algún tipo de información.

Además, envía una ficha de sesión al administrador donde informa de las características principales de la sesión a monitorizar: Fecha, Lugar, número aproximado participantes, modificaciones de los ejercicios, observaciones...

El Alumno es el actor que realiza dos actividades principales, realizar los movimientos que se capturan en el sistema y utilizar el sistema para su aprendizaje marcial. Los movimientos del karateka serán en combate, preparando el sistema para dos luchadores. Los datos de los movimientos realizados por los karatekas y captados por el sistema serán enriquecidos a través de algoritmos de Inteligencia Artificial.

El otro actor es el **administrador** encargado de monitorizar las sesiones, preparar el material de sesiones, administrar el sistema y actualizar y mejorarlo... Además, será responsable de mantenimiento del sistema, para lo cual se elaborará un manual de calidad que sirva de guía de pruebas y elementos a analizar.

En la siguiente página se muestra el esquema de los casos de uso general del sistema KUMITRÓN.

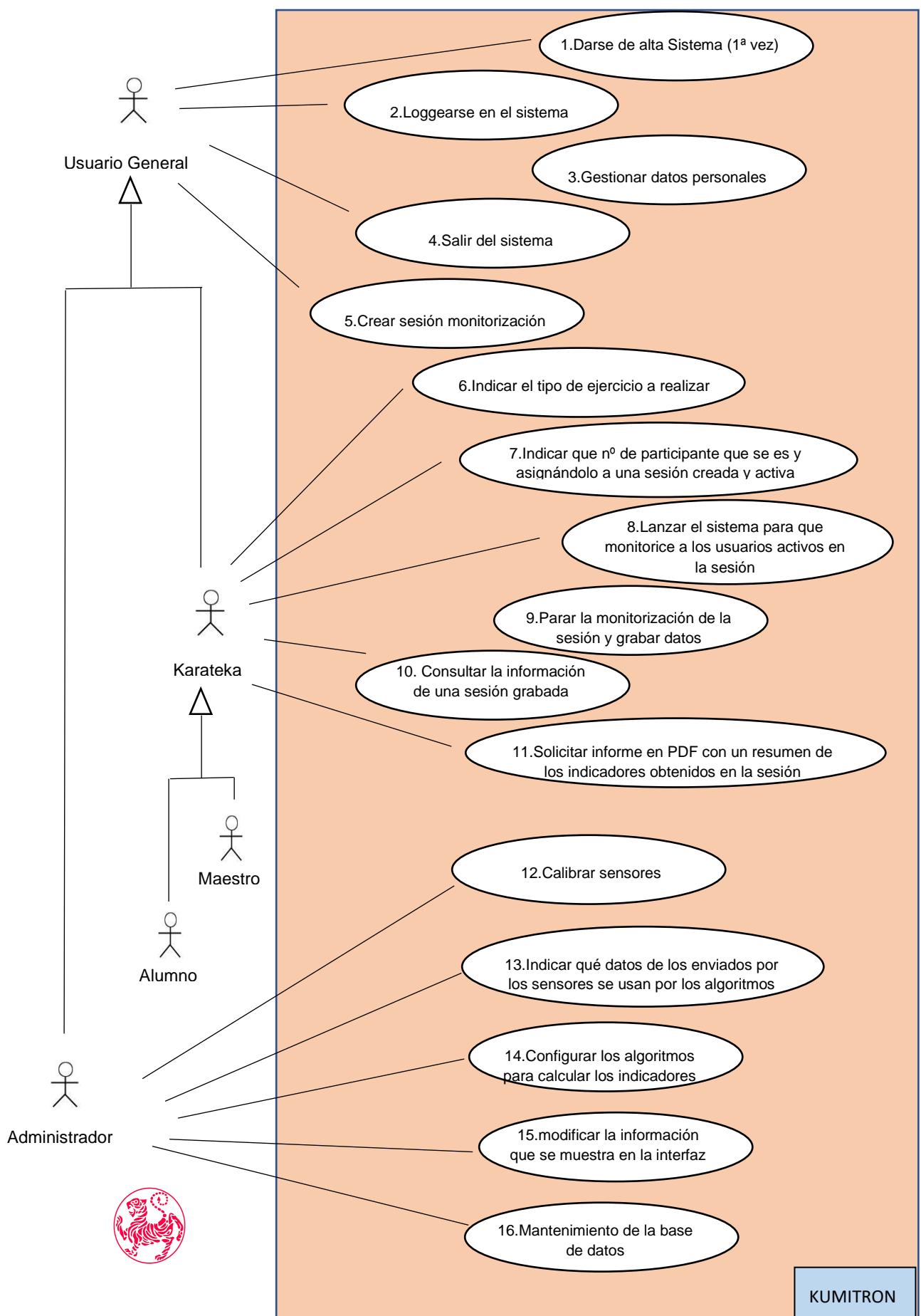


Ilustración 46. Casos de Uso

### 3.6.1 Descripción de casos de uso

UC1: Darse de alta en el sistema (sólo la primera vez)	
<b>Actor principal</b>	<b>Usuario general</b>
<b>Personal involucrado e intereses</b>	
<b>Usuario General</b>	El usuario accede la interfaz de usuario a través de la dirección web.
<b>Precondiciones</b>	El usuario debe de disponer de email y acceso a internet y no debe de estar en la base de datos de usuarios del sistema.
<b>Garantías de éxito</b>	El sistema permite el acceso al área restringida de usuario una vez realizado el login.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario se conecta a la web a través del navegador.</li> <li>2. Introduce la dirección de la web asignada a la interfaz usuario del sistema KUMITRÓN.</li> <li>3. Pincha la opción darse de alta en el sistema en el menú de la parte superior del programa.</li> <li>4. El usuario deberá introducir una dirección de correo electrónico, el nombre y apellidos, DNI, y una contraseña en el formulario que presenta el sistema. El identificador de entrada será el mail.</li> <li>5. Además, tendrá que llenar los campos de datos técnicos (datos físicos, experiencia marcial...) e indicar si es Maestro o Alumno.</li> <li>6. El sistema recoge la información en la base de datos, y si ha llenado todos los campos de registro y son correctos, le redirecciona al área de Maestro o Estudiante.</li> </ol>
<b>Flujo Alternativo</b>	<p><b>4.a El email introducido es incorrecto</b></p> <p>1. El sistema reconoce que el campo debe llenarse con un email, y en caso de no ser así, lanzará un aviso de error.</p>

Tabla 8. UC1 Darse de alta en el sistema (sólo la primera vez)

UC2: Loggearnse en el sistema	
<b>Actor principal</b>	<b>Usuario general</b>
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El usuario general accede a la interfaz de usuario de Kumitrón a través de su cuenta de usuario.
<b>Usuario General</b>	El usuario accede a su área personal.
<b>Precondiciones</b>	El usuario tiene que estar dado de alta en el sistema como usuario.
<b>Garantías de éxito</b>	El sistema envía un mensaje de registro correcto al usuario.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conectarse al programa principal Kumitrón a través de un navegador.</li> <li>2. Acceder a la opción loggeo en la interfaz y pinchar en él.</li> <li>3. Introducir el Usuario y Clave que solicita el sistema.</li> </ol>

	<p>4. El usuario accede al área personal, donde encuentra las diferentes secciones del programa.</p> <p>5. El usuario puede acceder a las sesiones o volver al menú principal a través del botón Home.</p>
Flujo Alternativo	<p><b>3.a El sistema no reconoce el usuario o clave introducidos.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El sistema lanza un mensaje de error en datos introducidos.</li> <li>2. El usuario vuelve a introducir su usuario y contraseña correctos.</li> </ol> <p><b>3.b El sistema no reconoce el usuario o clave introducidos.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Debajo del formulario de registro hay un enlace de recordatorio de contraseña que el usuario general pincha.</li> <li>2. El sistema envía el usuario y contraseña al mail que introduce el usuario en el interfaz.</li> <li>3. El usuario recibe en su buzón de mail un mensaje con sus usuario y clave.</li> <li>4. El usuario accede a la opción de registro e introduce sus datos recibidos en email.</li> </ol>

Tabla 9. UC2 Loggearse en el sistema

UC3: Gestionar datos personales	
Actor principal	Usuario general
Personal involucrado e intereses	El usuario general decide modificar sus datos personales tales como. Usuario, clave, email, dirección, teléfono...
Precondiciones	El usuario general está dado de alta en el sistema.
Garantías de éxito	Si la información personal que introduce el usuario es correcta, el sistema lanzará un mensaje de cambios realizados de forma correcta.
Flujo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario accede al interfaz e inicia sesión introduciendo su usuario y clave.</li> <li>2. El sistema abre la interfaz de usuario.</li> <li>3. El usuario principal pincha en la pestaña de datos de usuario.</li> <li>4. El sistema abre el formulario de datos de usuario en pantalla.</li> <li>5. El usuario modifica los campos de datos que desea, o introduce nueva información en campos antes vacíos.</li> <li>6. El sistema lanza un mensaje indicando que los cambios realizados en el formulario son correctos.</li> </ol>
Flujo Alternativo	<p><b>5.a Datos introducidos incorrectos.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario general introduce datos en algún campo de forma incorrecta. El formulario tiene campos que detecta errores por ejemplo en fechas, números de teléfono con numeración incorrecta.</li> <li>2. El sistema lanza un aviso de datos incorrectos, y el formulario señala en color rojo aquellos campos que están mal rellenados.</li> </ol>

Tabla 10. UC3 Gestionar datos personales

UC4: Salir del sistema	
<b>Actor principal</b>	Usuario general
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El usuario general decide cerrar la sesión y salir del sistema.
<b>Precondiciones</b>	El usuario ha iniciado el sistema con sus usuario y clave.
<b>Garantías de éxito</b>	El sistema lanza un mensaje de fin de sesión y le cerrará el área de usuario para volver a la interfaz de usuario general.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario general se halla en el área personal de la interfaz KUMITRÓN.</li> <li>2. Una vez decide acabar la sesión, pincha en el botón de Home, para ir a la página principal.</li> <li>3. El sistema redirecciona al usuario a la página principal.</li> <li>4. El sistema cierra la sesión una vez se sale del área personal.</li> <li>5. En el Menú de la parte superior, hay un enlace de “Salida”.</li> <li>6. Haciendo “clic” en el enlace se sale de la aplicación y el programa redirecciona a la página de Google.</li> <li>7. El usuario también puede cerrar la interfaz de KUMITRÓN general cerrando la ventana o accediendo a otra página a través del navegador.</li> </ol>

Tabla 11. UC4 Salir del sistema

UC5: Crear sesión de monitorización	
<b>Actor principal</b>	Karateka
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El grupo de karatekas, liderados por el Maestro, planifica la sesión de monitorización, comunicándolo al administrador.
<b>Precondiciones</b>	El sistema está preparado para la monitorización de sesiones, tanto en hardware como en software.
<b>Garantías de éxito</b>	El administrador da el ok al Maestro para la realización de una sesión de monitorización vía mail.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Maestro establece el tipo de sesión que quiere monitorizar con sus N compañeros.</li> <li>2. El karateka decide el número de kumites que quiere monitorizar, el lugar y la fecha preparando una ficha de sesión.</li> <li>3. El Karateka se comunica vía mail con el administrador enviarle la ficha de sesión.</li> <li>4. El administrador estudia la ficha.</li> <li>5. El administrador da el ok a la sesión de monitorización en la fecha y lugar pre-acordados.</li> <li>6. El Karateka Maestro comunica a los compañeros el lugar y la fecha de la sesión.</li> <li>7. El administrador guarda la ficha de sesión en su base de datos para llevar un control de estas.</li> </ol>

Flujos alternativos	<b>4.a El administrador no puede en la fecha propuesta</b>  1. El administrador no puede realizar la sesión la fecha propuesta y envía notificación con propuestas alternativas. 2. El Maestro propone nuevas fechas compatibles con las fechas propuestas recibidas. 3. Se da el ok por ambas partes a una fecha de sesión determinada.
---------------------	--

Tabla 12. UC5 Crear sesión de monitorización

UC6: Indicar el tipo de Ejercicio a realizar	
Actor principal	Karateka
Personal involucrado e intereses	El Karateka Maestro (o sensei) determina el tipo de ejercicio que quiere hacer con cada alumno.
Precondiciones	El administrador ha preparado el sistema para la monitorización con la calibración de los sensores y la preparación del sistema de software.
Garantías de éxito	Los Karatekas participantes comunican que han entendido el tipo de trabajo que tienen que realizar y dan el ok al inicio de la monitorización.
Flujo básico	<b>1.</b> El Maestro se reúne con los compañeros o alumnos y determina el tipo de entrenamiento que pide a cada uno. <b>2.</b> Los karatecas alumnos asimilan y comunican haber entendido el protocolo de monitorización y los ejercicios a realizar. <b>3.</b> El Karateka comunica al Administrador el tiempo de monitorización y si quiere hacer especial seguimiento a algún alumno determinado de vídeo. <b>4.</b> El Administrador prepara el sistema para la visualización y monitorización del kumite. <b>5.</b> El Administrador realiza una prueba de funcionamiento del sistema de captación. <b>6.</b> El sistema funciona correctamente y da el ok de monitorización.
Flujos alternativos	<b>3.a Los Karatekas no entienden bien los ejercicios a realizar.</b>  1. Los karatecas no entienden bien cómo es la sesión de monitorización y demandan más información. 2. El Maestro detalla cómo realizar los ejercicios y cómo va a desarrollarse el kumite. 3. Los alumnos comunican haber entendido las instrucciones recibidas.  <b>6.a El administrador no configura el sistema correctamente.</b>  1. El Administrador realiza la prueba de captación en el sistema, sin éxito. 2. Vuelve a realizar la calibración de elementos y realiza una nueva prueba de captación. 3. El sistema funciona correctamente y envía una señal de captación correcta.

Tabla 13. UC6 Indicar el tipo de ejercicio a monitorizar

UC7: Indicar el nº de participante que se es y asignándolo a una sesión creada y activa	
<b>Actor principal</b>	Karateka: Maestro y Alumno
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Maestro asigna los alumnos concretos que van a realizar el ejercicio de monitorización.
<b>Precondiciones</b>	El Maestro ha comunicado cómo realizar los ejercicios y cómo se modeliza la sesión al resto de Karatekas. El Administrador ha calibrado los elementos de la sesión y probado con éxito el sistema.
<b>Garantías de éxito</b>	Los alumnos participantes comunican que han entendido los ejercicios que tienen que realizar y dan el ok al inicio de la monitorización.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Maestro realiza una lista de orden de participantes en una hoja para la monitorización de la sesión.</li> <li>2. El Maestro va llamando en orden a los participantes para realizar la prueba de monitorización y captación de movimientos.</li> <li>3. Los Karatekas que tiene que realizar los movimientos se ajustan los elementos de hardware de captación de parámetros con ayuda del administrador.</li> <li>4. El Maestro y el Administrador comprueban que el hardware está bien ajustado al cuerpo de cada Karateka a monitorizar.</li> <li>5. El Administrador pincha el icono de la aplicación Kumitrón para lanzar el sistema de monitorización.</li> <li>6. El Administrador tiene todo preparado en el monitor y está preparado para el inicio del ejercicio.</li> </ol>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>4.a El hardware está mal ajustado al cuerpo.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador y el Karateka comprueban la sujeción de los sensores es incorrecta y los vuelven a ajustar.</li> <li>2. Los sensores ya no tienen holgura y pueden ser utilizados para el ejercicio.</li> </ol>

Tabla 14. UC7 Indicar en nº de participante que se es, asignándolo a una sesión creada y activa

UC8: Lanzar el sistema para que monitorice a los usuarios activos en la sesión	
<b>Actor principal</b>	Karateka: Alumnos
<b>Personal involucrado e intereses</b>	Los Karatekas comienzan el ejercicio de artes marciales para que el sistema pueda captar la imagen y los parámetros que los diferentes sensores envían al Sistema.
<b>Precondiciones</b>	Los n karatekas deberán estar identificados y listados en orden.
<b>Garantías de éxito</b>	El Sistema envía un mensaje de prueba realizada con éxito una vez se detiene la sesión de monitorización y captación de datos.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador lanza pulsando el botón “start recording” del programa para el inicio de sesión de captación. El Sistema inicia la captación de datos.</li> <li>2. El Administrador comunica al Karateka principal que puede iniciar el ejercicio de artes marciales.</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. El Maestro da la orden de inicio de actividad a los Karatekas que van a hacer el ejercicio.</li> <li>4. El Maestro visualiza en pantalla vídeo, vídeo enriquecido con algoritmos de visión artificial, y los datos iniciales y sensoriales del kit Arduino.</li> <li>5. El Maestro se comunica con los alumnos para indicar estrategias y corregir ajustes.</li> <li>6. Los Karatekas realizan los movimientos del ejercicio que es captado por el sistema a través de los sensores y hardware.</li> <li>7. El Administrador comprueba que los datos se están recibiendo correctamente y que el Sistema está trabajando correctamente.</li> <li>8. El Maestro supervisa que la actividad transcurre con normalidad y que se está realizando el ejercicio como se ha estipulado.</li> <li>9. Los Karatekas desarrollan su ejercicio de artes marciales según las directrices marcadas por el Karateka principal.</li> </ol>
Flujos alternativos	<p><b>6.a Los karatekas no pueden seguir con el ejercicio iniciado.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Durante el ejercicio algún Karateka se hace daño y tiene que parar el ejercicio.</li> <li>2. El Karateka principal ordena para la sesión y parar la grabación.</li> <li>3. El Administrador para la sesión y guarda lo que se ha grabado hasta el momento de parada por si pudiera ser útil la grabación realizada.</li> </ol> <p><b>7.a El Sistema no funciona correctamente durante el ejercicio</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El sistema no recibe los datos del ejercicio o sufre algún tipo de anomalía de funcionamiento.</li> <li>2. El Administrador comunica al Karateka que la prueba no está siendo válida.</li> <li>3. El Karateka da el aviso de que los Karatekas se detengan y finalicen el ejercicio.</li> </ol>

Tabla 15. UC8 Lanzar el sistema para que monitorice a los usuarios activos en la sesión

UC9: Parar la monitorización de la sesión y grabar datos	
Actor principal	Karateka
Personal involucrado e intereses	El karateka principal una vez finalizado el tiempo de ejercicio ordena parar a los Karatekas, y avisa al Administrador de que ha finalizado el ejercicio.
Precondiciones	La sesión de grabación ha sido inicializada correctamente y el tiempo de sesión ha expirado.
Garantías de éxito	Si la sesión ha sido monitorizada correctamente, el vídeo habrá sido cargado en la base de datos PostgreSQL.
Flujo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Maestro una vez expirado el tiempo planificado ordena parar el ejercicio y avisa al Administrador de que la sesión ha terminado.</li> <li>2. El Administrador pincha el botón “stop recording” de detener sesión de grabación.</li> <li>3. El Sistema lanza un mensaje de que la sesión de grabación ha terminado con éxito.</li> </ol>

	<p>4. El Maestro felicita a los karatekas practicantes por cómo han trabajado el ejercicio.</p> <p>5. Los Karatekas después de tanto ejercicio toman aire y se relajan a la espera de saber si la monitorización ha sido correcta.</p>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>3.a El Sistema lanza un mensaje de error en la captación de la sesión.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Al parar la sesión de grabación, el Sistema lanza un mensaje de error en la grabación de los datos.</li> <li>El Administrador avisa los Karatekas que hay que repetir el ejercicio.</li> <li>Los karatekas esperan un tiempo prudente para poder descansar antes de repetir el ejercicio.</li> <li>Se repite el proceso de captación de datos del Sistema.</li> </ol>

Tabla 16. UC9 Parar la monitorización de la sesión y grabar datos

UC10: Consultar la información de una sesión grabada	
<b>Actor principal</b>	Karateka: Maestro
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Maestro con el Administrador consultan la información de los archivos guardados en el sistema del último ejercicio realizado.
<b>Precondiciones</b>	Los Karatekas han realizado el ejercicio predeterminado y el Sistema ha guardado con éxito la información generada de la sesión en la base de datos habilitada por el Sistema.
<b>Garantías de éxito</b>	La sesión reabierta desde la base de datos es correcta y está bien registrada y guardada, obteniendo el visto bueno del karateka y del Administrador al hacer la inspección de esta.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>El Administrador entra en la base de datos de la aplicación.</li> <li>Busca el archivo de la sesión monitorizada, y que esté en la carpeta específica.</li> <li>Accede al archivo en la base de datos y abre la grabación en pantalla de vídeo.</li> <li>El Maestro y comprueba con el Administrador que la sesión se ha ejecutado correctamente en el vídeo abierto.</li> <li>El Maestro da el visto bueno a la grabación realizada.</li> <li>El Administrador cierra el archivo abierto y lo copia en la carpeta de archivos guardados definitivos.</li> </ol>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>4.a El ejercicio realizado no ha sido correcto o es mejorable.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El Maestro detecta fallos de ejecución (o decide que es mejorable) y decide que el ejercicio hay que repetirlo.</li> <li>El Maestro comunica la situación a los Karatekas que realizan los ejercicios y les avisa que se preparen para repetirlo.</li> <li>El Administrador prepara el Sistema para una nueva sesión de grabación.</li> </ol>

Tabla 17. UC10 Consultar la información de una sesión grabada

UC11: Solicitar informe en PDF con un resumen de los indicadores obtenidos en la sesión	
<b>Actor principal</b>	Karateka: Maestro
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Maestro pide al administrador que genere un pdf con todos los indicadores que se han recogido a través de los diferentes sensores que dispone el hardware.
<b>Precondiciones</b>	El registro de sesión guardado ha sido aprobado por el Karateka.
<b>Garantías de éxito</b>	El informe de pdf se visualiza correctamente en pantalla y se guarda correctamente en la carpeta habilitada al efecto.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Maestro una vez dado el OK a la sesión solicita al Administrador un pdf que recoja los indicadores de la sesión</li> <li>2. El Administrador entra en la opción informes del programa principal.</li> <li>3. El Administrador pide generar informe de la sesión grabada al programa principal.</li> <li>4. El sistema genera un informe que se visualiza en pdf en pantalla.</li> <li>5. El Maestro comprueba que el informe es acorde a los parámetros que se le exigen a la sesión grabada.</li> <li>6. El Maestro solicita que se guarde el archivo en la carpeta de informes habilitada por el Administrador.</li> <li>7. El Sistema guarda el archivo en la carpeta informes.</li> </ol>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>5.a Los parámetros de la sesión son anormales.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>4. El Maestro comprueba los indicadores del pdf de sesión y determina que algún dato de este es anómalo.</li> <li>5. El Maestro toma la decisión de si es conveniente repetir el ejercicio o guardarla en la base de datos.</li> <li>6. El Administrador prepara el Sistema para una nueva sesión de grabación.</li> </ol>

Tabla 18. UC11 Solicitar informe en PDF con un resumen de los indicadores obtenidos en la sesión

UC12: Calibrar sensores	
<b>Actor principal</b>	Administrador
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Administrador comprueba y pone a punto los elementos de hardware que se usarán en la sesión: dron, kit Arduino y sistema de comunicación.
<b>Precondiciones</b>	El Administrador enumera todo el hardware necesario para la sesión y es el materia previsto y necesario.
<b>Garantías de éxito</b>	Tras la calibración de cada sensor se hace la comprobación pertinente que recoge el protocolo de calibración.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador abre el fichero xls de control de sistema (AnexoIV).</li> <li>2. El fichero ya viene con el nombre de todos los elementos a calibrar.</li> <li>3. El Administrador selecciona el elemento que le aparece en la lista a calibrar.</li> <li>4. El Administrador realiza las comprobaciones protocolarias de control y calibración sobre el elemento.</li> </ol>

	<p>5. El Administrador anota los valores obtenidos en la calibración del elemento en cuestión en el xls.</p> <p>6. El Administrador repite el proceso para todos los elementos de hardware necesarios para la sesión.</p> <p>7. Se realizarán movimientos con los sensores para ver si los valores que recibe el sistema son acordes al rango de valores aceptables.</p>
Flujos alternativos	<p><b>4.a El valor de calibración introducido no es correcto</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El Administrador al introducir el valor de calibración del elemento se percata de que el valor no está en el rango permitido. Lo que quiere decir que el valor introducido es incorrecto.</li> <li>El Administrador vuelve a comprobar y tomar valores del elemento e introducir en el xls los nuevos valores.</li> <li>En caso de que sigan siendo incorrectos, se separa el hardware del resto y se inicia la calibración de un nuevo elemento.</li> </ol> <p><b>4.b El valor de calibración introducido no es correcto</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El Administrador al retirar el elemento que no calibra bien, saca un elemento de hardware igual del material de repuesto que ha llevado a la sesión.</li> <li>Repite el procedimiento de calibración del apartado 4.a.</li> </ol>

Tabla 19. UC12 Calibrar sensores

UC13: indicar qué datos de los enviados por los sensores son enviados por los algoritmos	
<b>Actor principal</b>	Administrador y Maestro
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Maestro determinará qué tipo de algoritmos pretende usar para las sesiones. Puede que desee desarrollar algún algoritmo nuevo, o modificar alguno introduciendo algún dato nuevo.
<b>Precondiciones</b>	La base de datos está bien diseñada con las consultas necesarias para alimentar los algoritmos de IA.
<b>Garantías de éxito</b>	Tras las modificaciones, la base de datos es accesible desde el área de Algoritmos IA, y pueden verse los datos añadidos a los algoritmos.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>El Maestro comunica al Administrador el tipo de algoritmos que quiere usar para la visualización de datos.</li> <li>Se comprueban las consultas que se hacen en la base de datos que se usan en los algoritmos.</li> <li>El Maestro decide si se mantienen o quiere realizar alguna modificación en las tablas introduciendo algún dato nuevo.</li> <li>El Administrador anota las modificaciones que el Administrador desea realizar.</li> <li>El Administrador realiza las nuevas consultas en la base de datos en función de las modificaciones de datos que desea el Karateka.</li> <li>El Administrador añade al módulo de visualización de datos los nuevos algoritmos con los nuevos campos.</li> <li>El Maestro Da el OK a los cambios realizados.</li> </ol>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>3.a El tipo de dato que quiere introducir no es válido para el algoritmo</b></p>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Maestro desea introducir un dato numérico en un algoritmo que no acepta este tipo de datos.</li> <li>2. El Maestro debe clasificar los datos para poder ser usados por el algoritmo.</li> </ol>
--	--

Tabla 20. UC13 indicar qué datos de los enviados por los sensores son enviados por los algoritmos

<b>UC14: Configurar algoritmos para calcular los indicadores</b>	
<b>Actor principal</b>	Administrador
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Administrador junto al Karateka, deciden los elementos y parámetros que se usarán para el análisis de datos
<b>Precondiciones</b>	El Administrador ha diseñado una serie de algoritmos que puedan servir de base para que el Karateka
<b>Garantías de éxito</b>	El Karateka da el visto bueno a los algoritmos diseñados
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador entra en la Aplicación Principal en el área de algoritmos de IA.</li> <li>2. Saca el listado de algoritmos de IA que se usan en la aplicación.</li> <li>3. Observan la lista de algoritmos con los datos utilizados y los parámetros que se usan.</li> <li>4. Se estudia la posibilidad de diseñar y configurar nuevos algoritmos.</li> <li>5. El karateka da pide si cree necesario incorporar algún algoritmo nuevo.</li> <li>6. El Administrador apunta el tipo de algoritmo demandado y procederá a realizar la consulta en BBDD y a añadirlo al módulo de Visualización.</li> </ol>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>3.a La lista de algoritmos no está actualizada desde la última revisión.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se observa que la lista de algoritmos no ha sido actualizada en base a las decisiones tomadas en la última reunión realizada, y faltan modificaciones y nuevos algoritmos.</li> <li>2. El Administrador procede a actualizar las modificaciones pendientes.</li> </ol>

Tabla 21. UC14 Configurar algoritmos para calcular los indicadores

<b>UC15: Modificar la información que se muestra en la interfaz.</b>	
<b>Actor principal</b>	Administrador
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Administrador modifica la información que aparece en la interfaz de usuario para mejorar dicha interfaz. Estas mejoras son de iniciativa propia o a indicación de los Karatekas...
<b>Precondiciones</b>	El Administrador planifica el hardware que se va a utilizar para la sesión de captación
<b>Garantías de éxito</b>	La interfaz de usuario ha sido creada y ha sido utilizada por el Karateka durante un tiempo determinado.

<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador planifica las modificaciones a realizar en la Interfaz de usuario.</li> <li>2. El Administrador programa las modificaciones en el IDE para que sean aplicadas a la Interfaz usuario.</li> <li>3. El Administrador realiza las pruebas de calidad pertinentes, entre ellas las pruebas y alfa.</li> <li>4. El Administrador aplica la nueva versión diseñada y programada con las nuevas modificaciones.</li> <li>5. El Administrador guarda la versión anterior en el repositorio de versiones adecuado a ello.</li> <li>6. El Administrador registra el cambio de versión en el control de versiones.</li> </ol>
<b>Flujos alternativos</b>	<p><b>3.a La nueva versión no supera las pruebas de calidad.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador al hacer las pruebas y detecta fallos en la nueva versión de la interfaz diseñada.</li> <li>2. El Administrador detecta los errores y repara y corrige los errores de programación.</li> </ol>

Tabla 22. UC15 Modificar la información que se muestra en la interfaz

<b>UC16: Mantenimiento de la base de datos</b>	
<b>Actor principal</b>	Administrador
<b>Personal involucrado e intereses</b>	El Administrador de forma periódica realiza el mantenimiento de los registros y archivos de la base de datos.
<b>Precondiciones</b>	Existe una base de datos programada que sirve a la aplicación general con los archivos que se guardan de las sesiones.
<b>Garantías de éxito</b>	La base de datos pasa las pruebas de calidad del protocolo de control de base de datos.
<b>Flujo básico</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El Administrador realiza un control de la base de datos según marca el protocolo de mantenimiento establecido.</li> <li>2. El Administrador reorganiza los datos de las páginas de datos y de índices mediante una nueva generación de los índices con un nuevo factor de relleno.</li> <li>3. El Administrador comprime archivos de datos mediante la eliminación de las páginas de base de datos que estén vacías.</li> <li>4. El administrador actualiza las estadísticas de los índices para asegurarse de que el optimizador de consultas dispone de información actualizada acerca de la distribución de los valores de los datos en las tablas.</li> <li>5. El Administrador realiza comprobaciones de coherencia interna de los datos y de las páginas de datos de la base de datos para asegurarse de que no se han dañado debido a un problema de software o del sistema.</li> <li>6. El Administrador realizar copias de seguridad de la base de datos y de los archivos de registro de transacciones.</li> <li>7. El Administrador escribe un informe del resultado de mantenimiento en formato archivo texto.</li> </ol>

Tabla 23. UC16 Mantenimiento de la base de datos

### 3.6.2 Diagramas de secuencia y actividad

Para comprender el comportamiento del sistema y de sus submódulos de la aplicación, a continuación, se presentan una serie de diagramas que permiten comprender el sistema de una forma más clara e intuitiva.

Para una comprensión general se han diseñado unos diagramas DSS (Sistema de Apoyo de Decisiones) generales en los que se analizan los eventos o estímulos que se originan en los actores y cómo reacciona el sistema. Es decir, cuál es el comportamiento del sistema de software, en cuanto a su salida (reacción externa hacia el actor), cuando recibe un evento o estímulo de algún actor. DSS, está incluido dentro del término sistemas. Un sistema es una colección de gente, recursos, conceptos y procedimientos que están integrados para realizar una función. Para el diseño de una aplicación computacional es muy importante que se tenga una clara definición de la función que se quiere desempeñar. Los sistemas se dividen en tres partes: entradas, procesos y salidas.

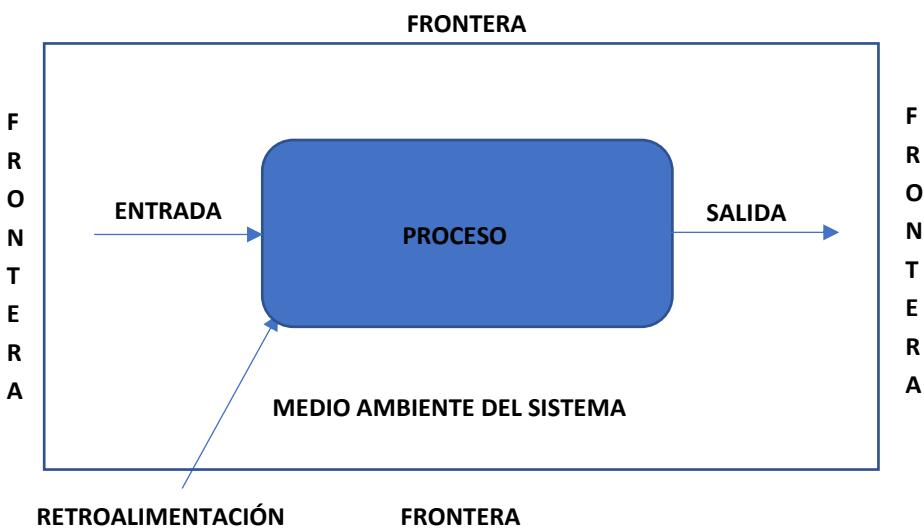


Ilustración 47. Diagrama teórico de un sistema

Para una comprensión más específica de los módulos de software se han diseñado los **diagramas de actividad**, que muestran de forma más precisa el comportamiento secuencial de las actividades.

## 1. Diagrama DSS

### SD: EntrenarKumite

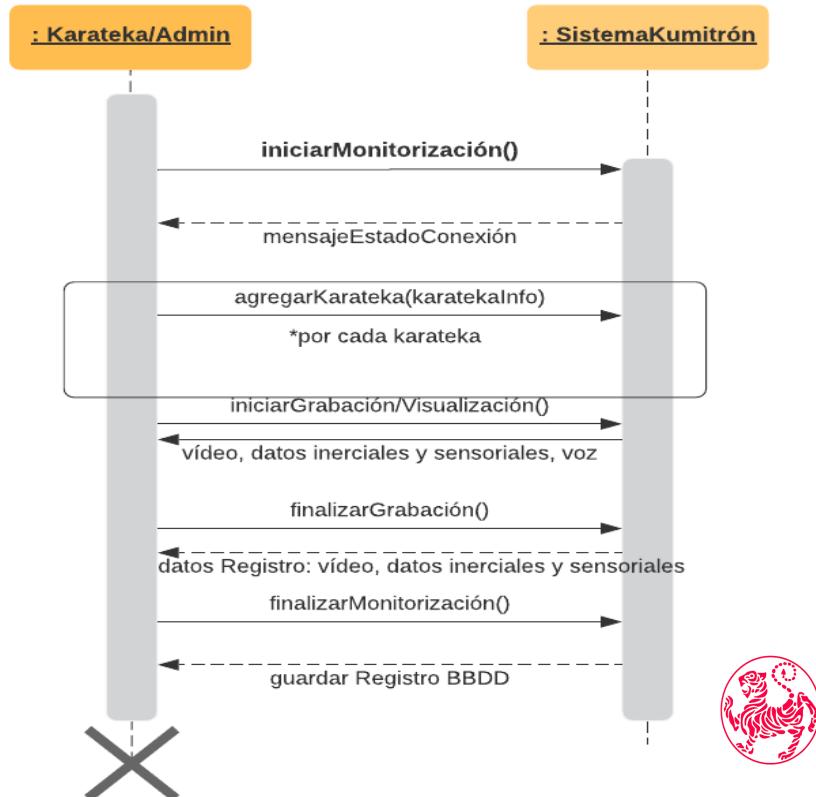


Ilustración 48. DSS Módulo de entrenamiento

El Maestro y el Administrador preparan la sesión, para ello listan a los alumnos que van a formar y parte, preparar el kumite por parejas equipándoles el hardware. Conectan el hardware a la aplicación, recibiendo el OK del Sistema. Se añaden los alumnos que van a hacer kumite en la aplicación, y así se inicia la sesión de monitorización/entrenamiento.

Durante la sesión el Sistema proporciona vídeo y datos sensoriales e inertiales de los alumnos. El Maestro en función de lo que está viendo corrige el entrenamiento a sus alumnos a través del hardware de voz. Una vez transcurrido el tiempo determinado o a instancia del Maestro el Administrador detiene la sesión de captación.

El Sistema de forma automática guarda la sesión en una Base de Datos. Una vez finalizados los kumites de todos alumnos y guardados los ejercicios, el Maestro y el Administrador cierran la sesión de monitorización/Entrenamiento.

A continuación, se muestra el comportamiento general de visualización del registro grabados en la base de datos y puestos a disposición de los usuarios karatecas.

### SD: VisualizarCapturaKumite

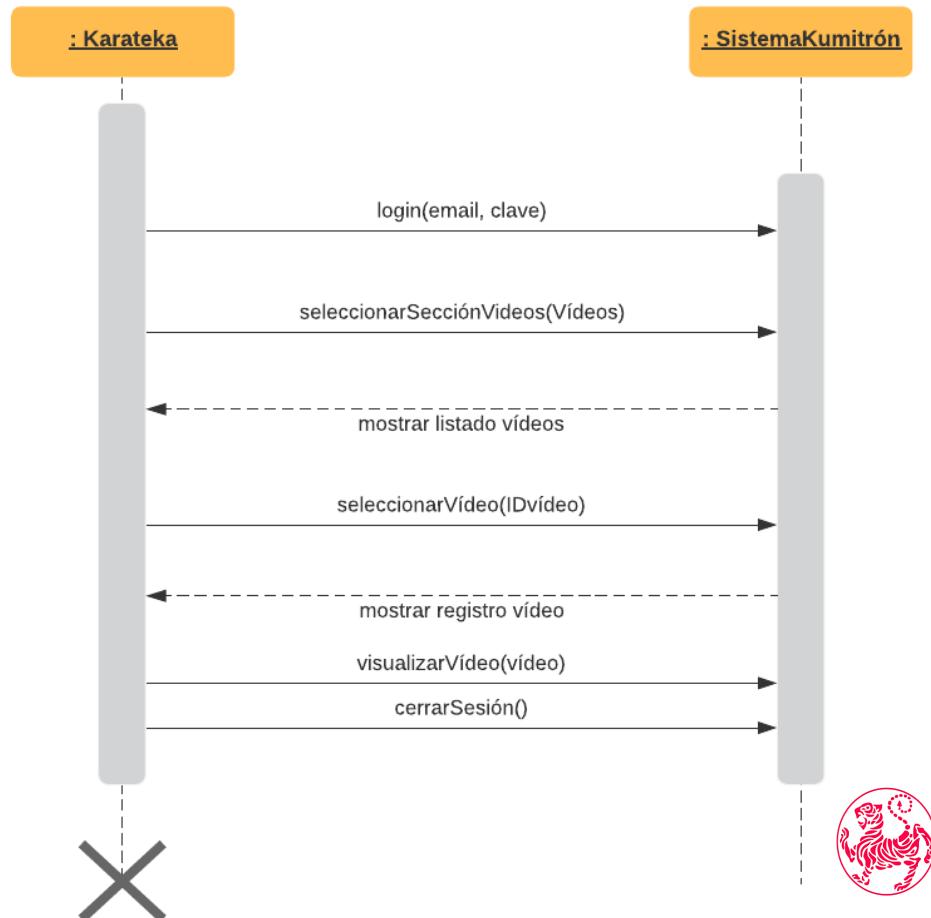


Ilustración 49. DSS VisualizarCapturaKumite

Un Karateka ya registrado en el Sistema, accede a la web de KUMITRÓN. Realiza el loggeo y accede a su área personal. En esta área el Karateka selecciona el área de video y datos de combate.

El Sistema muestra un listado de vídeos del alumno, ordenados por orden de entrada. Además del vídeo se muestran datos estadísticos obtenidos en el mismo desde los sensores. Una vez terminado de ver el vídeo, el alumno sale del área personal al principal cerrando la sesión, en caso de no querer seguir viendo más vídeos.

Una vez en el área principal, el alumno sale del Sistema y finaliza su actividad en el Sistema.

## 2. Diagramas de actividad

Diagrama UML cuya finalidad es representar gráficamente un algoritmo o proceso. Se identifican actividades principales y secundarias de los procesos en orden en el que operan.

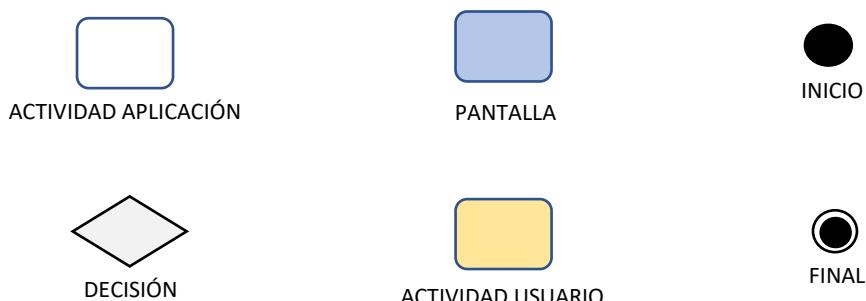


Ilustración 50. Iconos de los diagramas de actividad

Un diagrama de actividades muestra el flujo de actividades, siendo una actividad una ejecución general entre los objetos que se está ejecutando en un momento dado dentro de una máquina de estados, el resultado de una actividad es una acción que producen un cambio en el estado del sistema o la devolución de un valor. Los diagramas de actividades UML pertenecen al grupo de diagramas de comportamiento en UML. Mientras que un diagrama de estructura registra el estado de un sistema, es decir, los objetos existentes y sus jerarquías, así como las conexiones entre ellos en un momento determinado, los **diagramas de comportamiento** describen el flujo cronológico de la **circulación de datos**.

A continuación, se han seleccionado 2 diagramas principales del proyecto, uno por cada, módulo principal del mismo.

Diagrama de Actividad Aplicación Entrenamiento de kumite

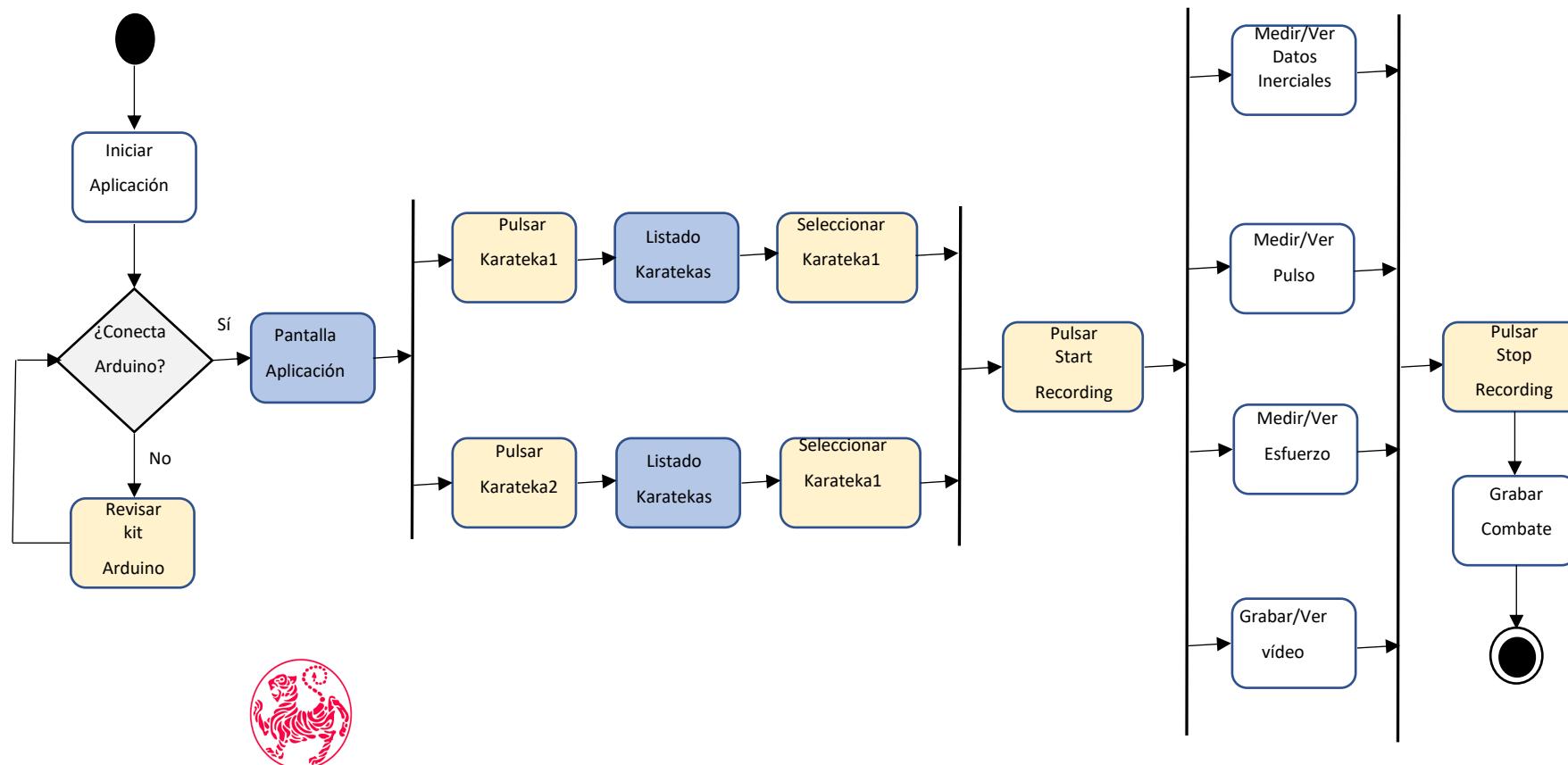


Ilustración 51. Diagrama de Aplicación entrenamiento kumite

**Diagrama de Actividad del Módulo de Visualización. Visualizar vídeos de Kumite.**

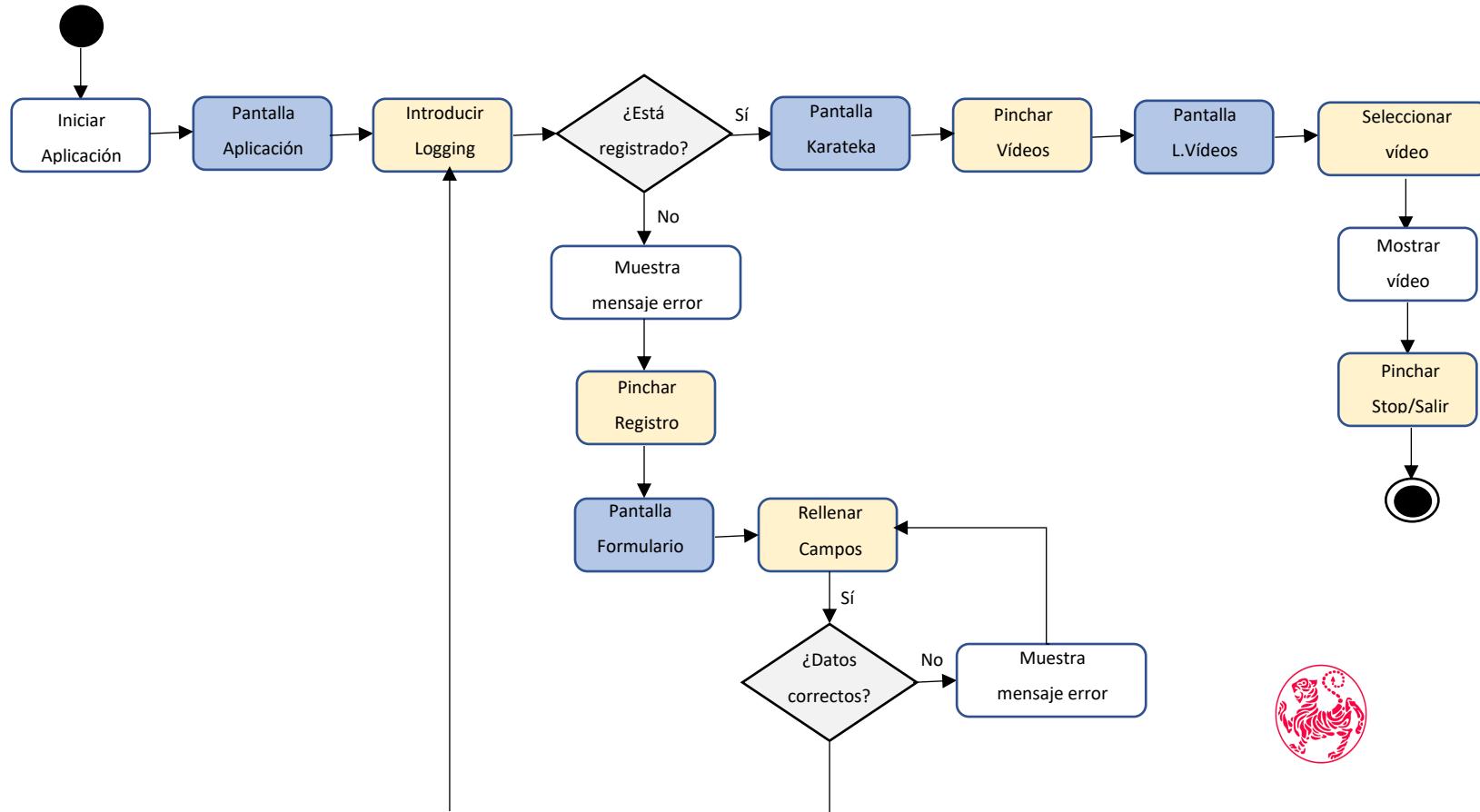
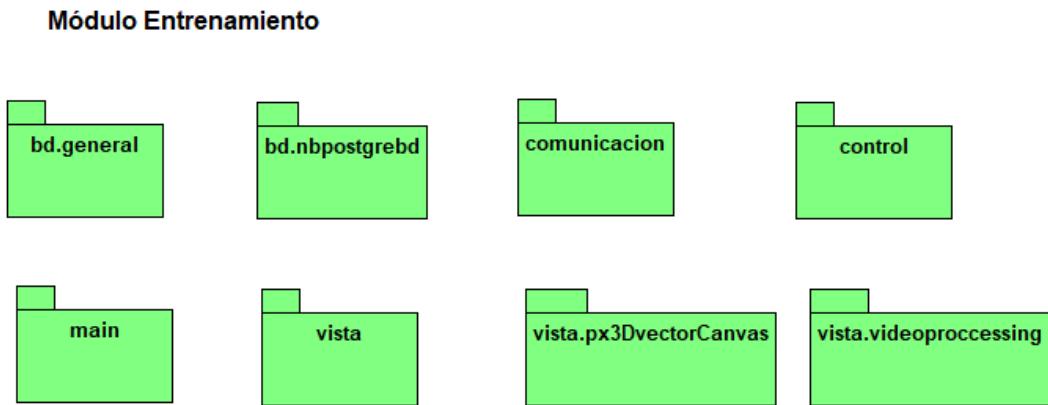


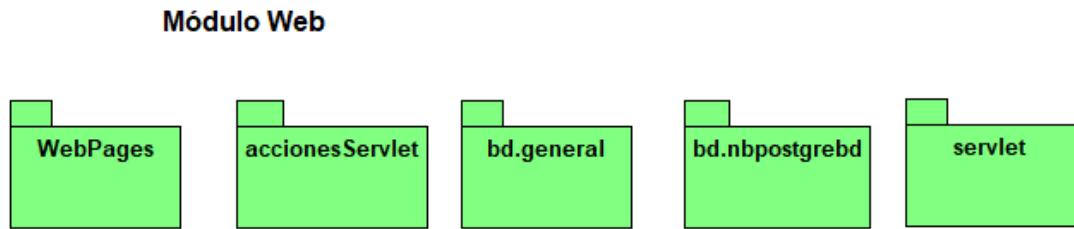
Ilustración 52. Diagrama de Visualización Módulo Visualización

### 3.7 Diagrama de clases

A continuación, se presentan los diagramas de clases de los dos módulos principales. Primero los paquetes de programa, y luego un **desglose de los principales paquetes con sus clases**. En el **Anexo VI** están todos los **diagramas de clases** de todos los paquetes del programa. Paquetes de programa:



*Ilustración 53. Paquetes de clases módulo entrenamiento*



*Ilustración 54. Paquetes de clases del módulo web*

Hay que comentar que como el módulo de entrenamiento y web comparten base de datos, los paquetes **bd.general** y **bd.nbpstgresbd** son iguales.

### 3.7.1 Diagramas de Clase Módulo Entrenamiento

Un paquete con clases importantes es el paquete de comunicación, donde se reciben las señales de los karatekas.

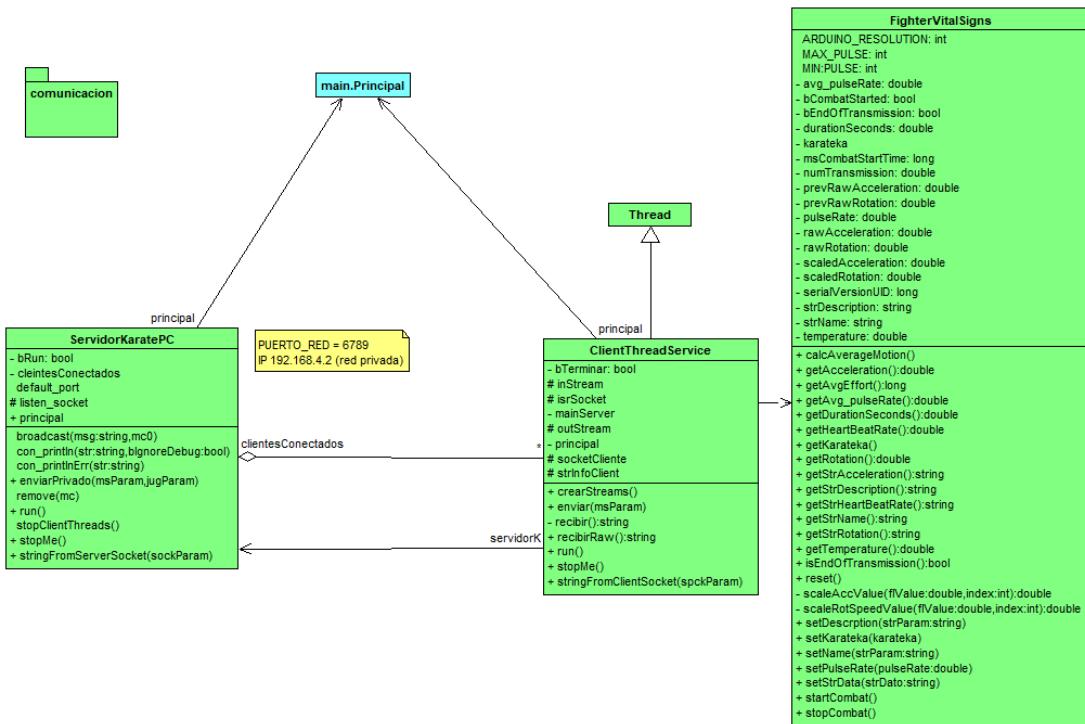


Ilustración 55. Diagrama de clases paquete comunicación

Otra clase principal es la clase `main`, desde donde se controla la aplicación.

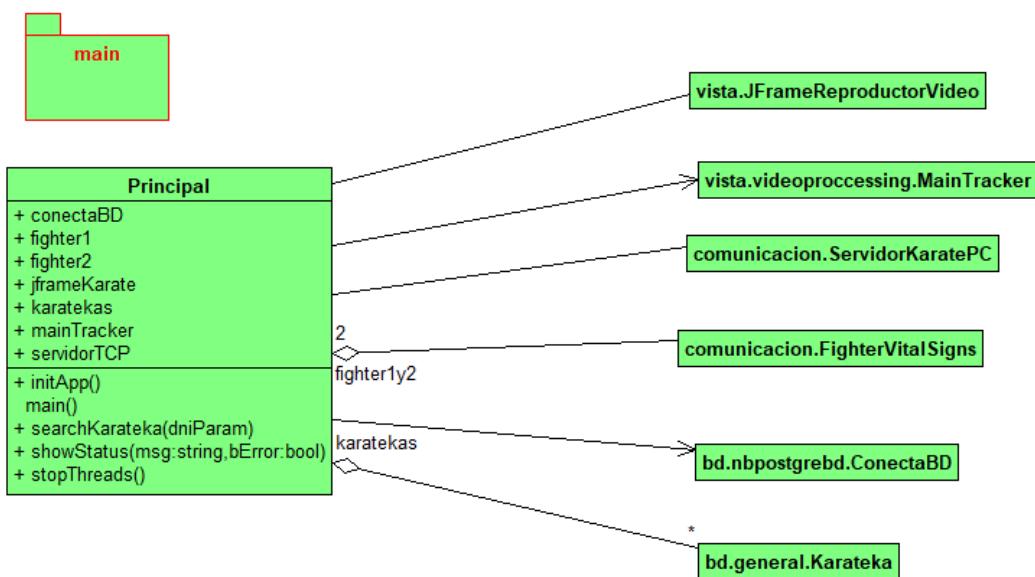


Ilustración 56. Diagrama de clases paquete main

El paquete de procesamiento de vídeo también es un paquete importante en el proyecto, ya que la visión artificial es uno de los puntos fuertes.

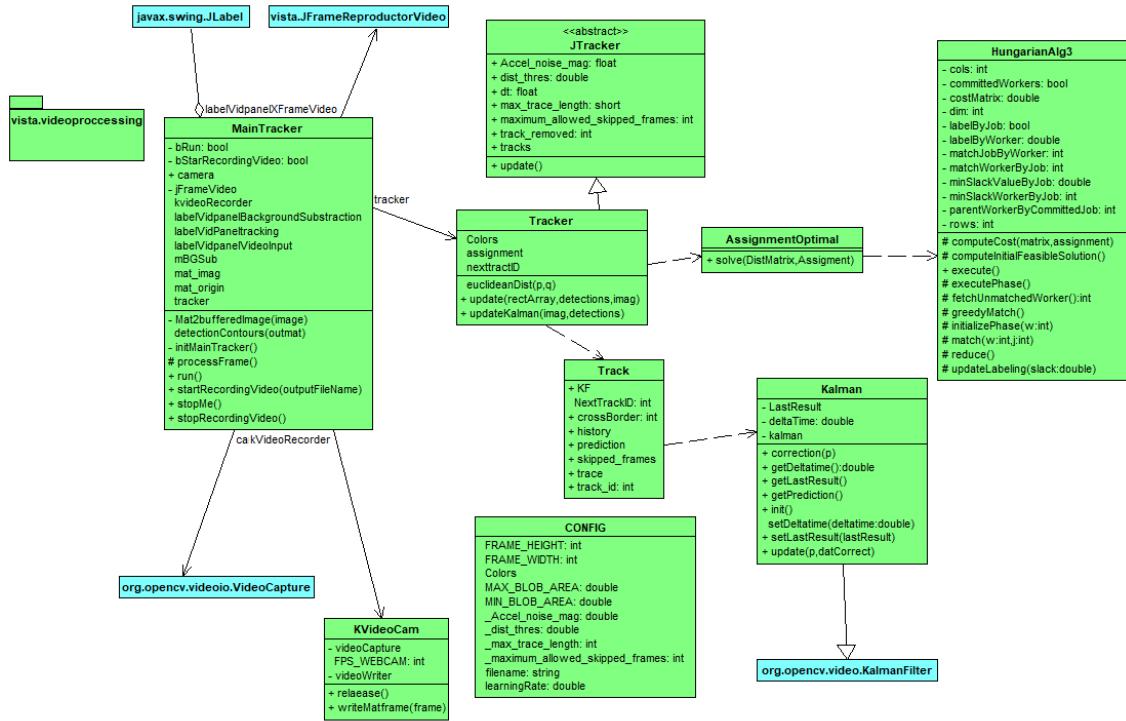


Ilustración 57. Diagrama de clases paquete vista.videoprocessing

### 3.7.2 Diagramas de Clase Módulo Web

Como paquete principal se presenta la arquitectura web a través de los .jsp de java. El diseño de los .jsp:

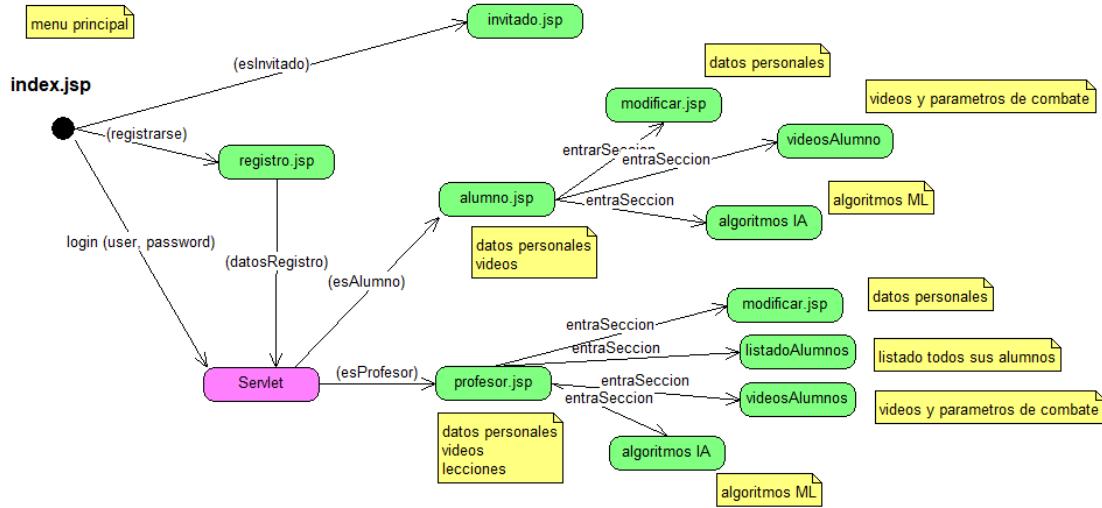


Ilustración 58. Diseño web de páginas .jsp

Además, el módulo web y de entrenamiento comparten base de datos. Por lo que el diseño de clases de la base de datos es común a ambas.

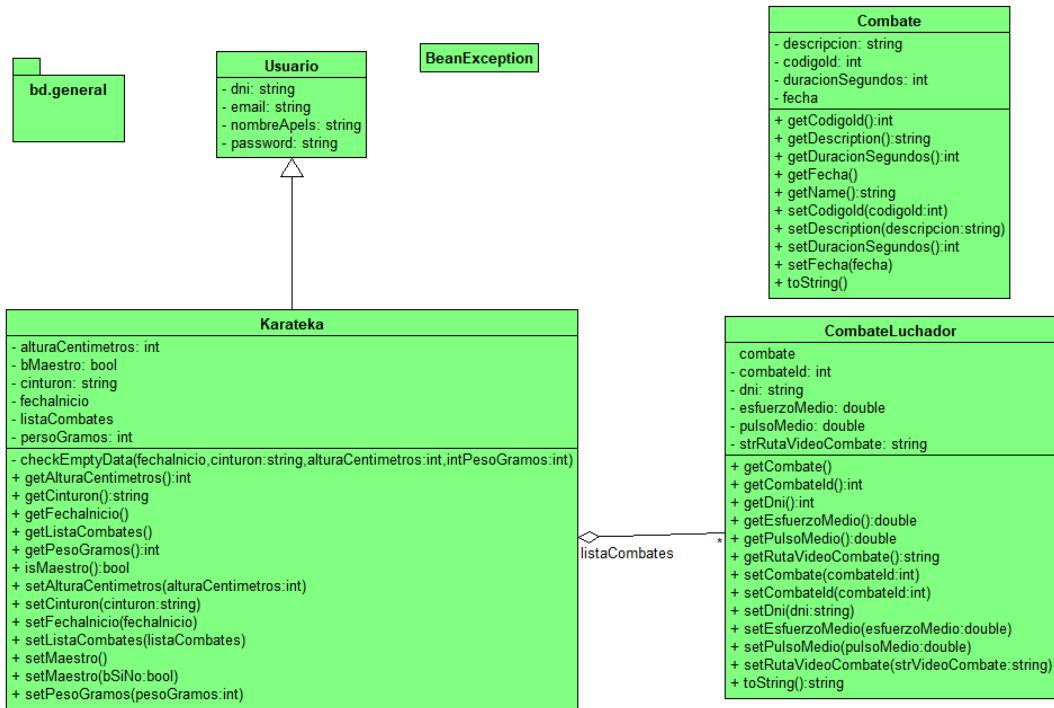


Ilustración 59. Diagrama de clases paquete bd.general

## 4. Implementación del sistema KUMITRON

El desarrollo del PFG consta de 2 módulos principales, que son los de monitorización de la actividad y el de visualización de datos.

El módulo de monitorización sirve para grabar y monitorizar la actividad de kumite, además de poder **observar en TIEMPO REAL** tanto la imagen filtrada con algoritmos de inteligencia artificial, así como los datos obtenidos de los sensores. Además, el Maestro es capaz de comunicarse con los alumnos vía voz para dar instrucciones.

El módulo de visualización es una aplicación a la que se conecta cada karateka y maestro, para que puedan ver las sesiones grabadas y a los datos que se han recogido en las mismas.

### 4.1 Módulo de entrenamiento de kumite

El módulo de captación de datos utiliza un software y hardware específico que se ha desarrollado para conseguir las entradas en la base de datos del sistema tal y como se ha descrito en el apartado de recursos y en el diseño arquitectónico.

Los karatekas deben equiparse el dispositivo Arduino desarrollado, que será el que haga de monitorizar los datos sensoriales. El kit Arduino de Kumitrón deberá tener la batería bien cargada para que dure toda la sesión.

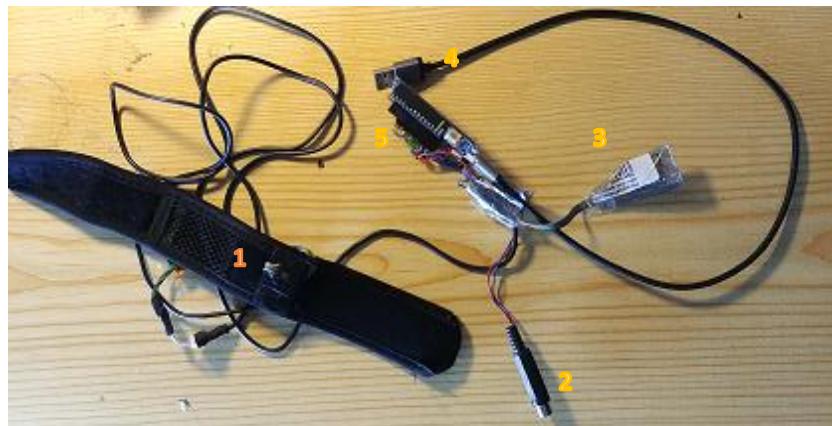


Ilustración 60. Kit Arduino Kumitrón

Una vez los karatecas se han equipado con el hardware (kit Arduino Kumitrón), se hace el check-in de que todos los elementos estén correctamente instalados. Para ello se ha habilitado una hoja técnica descriptiva que permita equipar correctamente este elemento técnico. Los elementos que aparecen en la imagen son:

1. Pulsímetro.
2. Conector para batería.
3. Acelerómetro.
4. Conector a puerto USB.
5. Placa Arduino.

Se trata de una **Aplicación Java** instalada en el ordenador.

Funciones:

- **Comunicarse** con el hardware: Dron(cámara) y placa Arduino.
- **Recibir** de forma síncrona las señales del hardware.
- Mostrar el Kumite en **vídeo en Tiempo Real**.
- Mostrar el **vídeo de kumite con algoritmos de JavaCV** en Tiempo Real.
- **Comunicación Maestro – karatekas** (micrófono-auriculares) para dar instrucciones de estrategia de combate.
- **Mostrar datos recogidos por la placa Arduino** en tiempo real.
- **Grabar los datos** obtenidos del Hardware en una base de datos.
- **Mostrar información de algoritmos de Aprendizaje Automático:** En la ampliación habría que poder tener en pantalla diferentes algoritmos de ML que ofrezcan predicciones sobre la victoria o derrota en función de lo que está ocurriendo en el tatami.

De momento la pantalla de la aplicación es la siguiente:

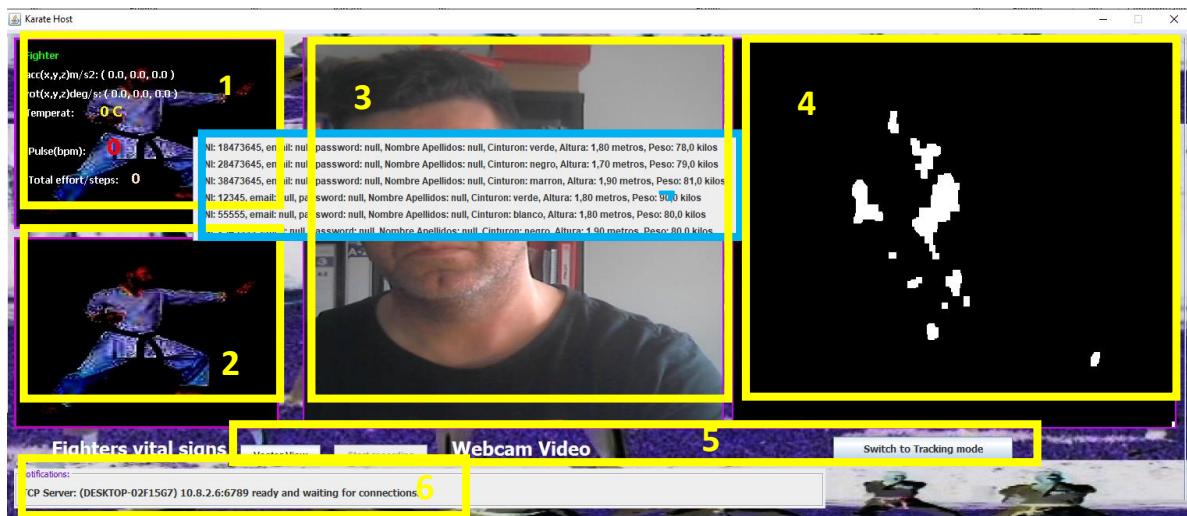


Ilustración 61. Pantalla del módulo de entrenamiento kumitron

## 1,2) Panel Luchador

En estos paneles, aparecen el luchador 1 y 2 del kumite.

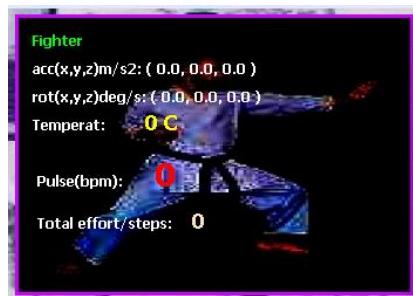


Ilustración 62. Panel de un luchador

Como se puede observar en la imagen los datos son:

- Aceleración (Acelerómetro): acc(x,y,z) en m/s<sup>2</sup>.
- Rotación (Giroscopio): Rotación de movimientos del luchador en grados/segundo.
- Temperatura (placa Arduino): Temperatura ambiente en grados centígrados.
- Pulsaciones (Pulsímetro): Las pulsaciones por minuto del luchador.

El **esfuerzo total** realizado que es un cálculo aproximado en función de la distancia recorrida.

Fórmula para distancia desde la aceleración  $d = vt + (1/2)at^2$

- d distancia recorrida en un tiempo determinado (t)
- v velocidad inicial
- a es la aceleración
- t cantidad de tiempo (t)

Ilustración 63. Fórmula física de la distancia

Se calcula la distancia obteniendo la **velocidad de los datos del giroscopio** y la **aceleración del acelerómetro**. De la distancia, dividiendo el valor por una distancia similar a un paso nos sale el esfuerzo realizado.

$$\text{Esfuerzo} = d \text{ (distancia)} / \text{medida (Paso)}$$

**3) Panel Vídeo:** Aquí se muestra el vídeo que la webcam del ordenador o del dron captan del combate.

**4) Video con JavaCV (OpenCV):** En este panel se muestra el vídeo de kumite aplicando algoritmos de visión artificial de JavaCV (OpenCV).

#### ALGORITMOS OpenCV

OpenCV tiene en sus diferentes librerías cientos de algoritmos de tratamiento de vídeo. Yo he elegido 2 de detección de movimiento, ya que son fundamentales para que un luchador sea eficiente a la hora de lanzar sus ataques.

Se trata de algoritmos que **indican y detectan cuando se inicia y dónde el movimiento** de lo que la cam está captando. Esto hace que pueda analizarse y leerse los movimientos del luchador a la hora de lanzar sus técnicas.

Los luchadores preparan sus golpes para que sean lo más invisibles posibles, ya que esto hará que el contrario no pueda defenderse de ello. Por eso estos algoritmos son interesantes para que el Maestro indique a su alumno si ejecuta bien sus ataques, o si por el contrario los telegrafía mucho. Por ejemplo, si va a lanzar un Mae Geri (patada frontal) el luchador deberá evitar hacer grandes movimientos de cadera y de partes de la pierna antes de lanzar el ataque, ya que esto delataría la técnica que va a utilizar. Y a través de estos algoritmos, esto puede analizarse.

- Los dos algoritmos elegidos para el análisis de imagen son:
  - **Motion Detection:** detección de movimiento mediante comparación el fondo (background). **Este algoritmo de inicio está negro, según surge movimiento capta el objeto o parte del cuerpo que se está moviendo.**
  - **Tracking mode:** identificación de objetos móviles mediante algoritmos de detección. **Usa unos puntos en donde indica qué parte del cuerpo está en movimiento. Esto es**

**útil para saber si un luchador a la hora de lanzar un ataque mueve muchas partes más de lo debido y el ataque es limpio y correcto.**

**5) Área de botones:** En esta parte de la pantalla aparecen 3 botones:

- Vector View: Muestra un lienzo “canvas” donde se muestra un vector en función de la dirección y giros que realiza el luchador con su cuerpo.
- Start/Stop Recording: Botón de inicio/fin de grabación de vídeo.
- Switch: Cambia el algoritmo de visión artificial. De momento sólo hay 2 aplicados, que son los comentados anteriormente.

**Vector View:** Muestra un lienzo “canvas” con un vector de orientación del giroscopio. Aparecen los vectores de cada luchador.

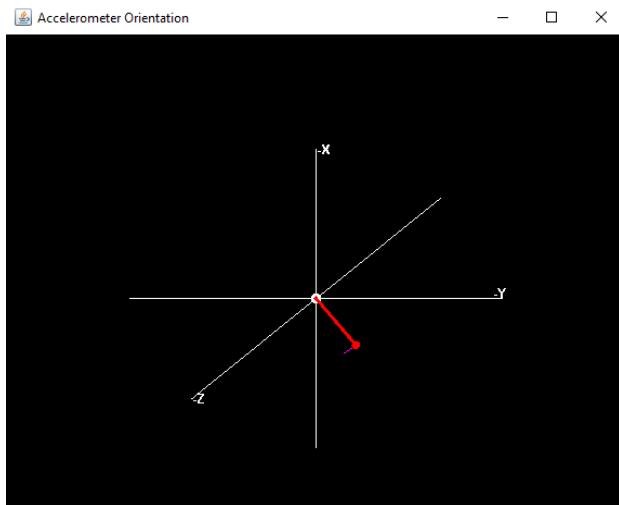


Ilustración 64. Vista de Canvas del vector de movimiento "Vector view"

Para incluir los vectores correspondientes de varios participantes se pueden seguir dos enfoques: i) superponer los vectores de cada uno de los participantes, y ii) definir un panel por cada participante con cada uno de sus vectores.

**6)** Mensaje de conexión con la placa Arduino. Se lee el mensaje de que esta conectando, y de conexión realizada cuando se conecta la aplicación y la placa con los sensores.

**7)** Listado de alumnos: Al pinchar con el botón derecho en los paneles de luchadores, sale la lista de los alumnos para que se elija uno para el kumite.

#### Comunicación Aplicación Java con sensores Arduino y con cam

La aplicación dispone de un ícono de inicio, que lanza la aplicación Kumitrón de entrenamiento. Al iniciar la aplicación debe:

- Se conecta la aplicación Java por Wifi a la placa Arduino por protocolo TCP.
- Se conecta la aplicación Java con la web cam del ordenador o del dron.
- Se inicia una transmisión de datos de tal forma que la aplicación recibe de forma continua los datos de vídeo y Arduino.

Así una vez conectados todos los dispositivos a la aplicación, El Administrador puede iniciar la sesión de entrenamiento.

- Sensores del sistema:
  - Pulso (ritmo cardiaco): Circuito MAX30105
  - Aceleración y orientación: Circuito MPU6050
  - Temperatura: Incorporado en el Circuito MPU6050
  - Video: Webcam incorporada en el ordenador

Software necesario:

- Programa Arduino
- Aplicación Java Kumitrón

Para el tratamiento de las señales de la placa Arduino es necesario primero la lectura a través de un programa en el lenguaje de Arduino que es similar a C/C++. Este programa posee las siguientes funciones programadas para este circuito:

```
/*Functions
void createWifi(); crea la red WIFI con la que conectar con la aplicación
boolean checkWifiStatus(); chequea si está conectado.
void connectToTCPServer(); se conecta al Servidor (Aplicación Kumitrón)
void initSensors(); inicia transmisión de datos de sensores.
boolean readMPU6050(); lee el sensor MPU6050.
boolean readPulseRate();lee el pulso del sensor de pulso.
void tellPulseRate(boolean bFinger); envía pulso al servidor.
void tellIMPU6050Data (); envía datos del MPU6050 al servidor
```

Tanto el circuito de pulso (MAX30105), como el de aceleración (MPU6050) envían la señal en formato digital a través del bus I2C en la placa de Arduino (MKR Wifi 1010).

Para el envío de información se emplea un protocolo de "chat" mediante un servidor TCP corriendo en el ordenador "host". Como ejemplo el envío de información del sensor MPU6050 a la aplicación Java.

Cada luchador es visto como un cliente de chat que envía sus datos en forma de mensajes.

**{Luchador (Pulso, Aceleración,...)}-->{MKR Wifi 1010}-->((wifi))-->Programa Arduino→  
aplicación Kumitrón**

Los sensores que lleva el luchador se transmiten a través del busI2C con el módulo WIFI de la placa Arduino. A través de del WIFI se conecta con el programa Arduino que lee los valores. El programa Arduino se comunica con la aplicación Kumitrón, enviándole los valores que recibe de los sensores.

En la implementación actual se empela una red privada (punto de acceso), de modo que no es necesario usar otra exterior.

La aplicación host estará en funcionamiento antes del combate, donde el servidor TCP espera conexiones (luchadores) en el puerto TCP (6789 en nuestro caso). Cada luchador es un cliente TCP que conectara al servidor en la IP de la red privada (192.168.4.2 en nuestro caso) al conectar la placa Arduino sujetada a su cintura.

## Escalado de los valores

En la ficha técnica de los sensores, viene la forma de escalar los valores para que den valores razonables, ya que puede que por múltiples variables pueda que los valores que den no sean correctos. El escalado que se aplica según fabricante a los valores es:

- aceleración:  $\text{valor}(\text{m/s}^2) = (\text{valor\_leído} * g / \text{valor\_máximo\_sensor})$
- velocidad angular (rotación) =  $\text{valor}(\text{deg/s}) = (\text{valor\_leído} * 250.0 / \text{valor\_máximo\_sensor})$ .
- temperatura ambiente =  $(\text{valor\_leído}/340.00) + 36.53$ .

Toda la información que se genera en la monitorización es almacenada en una Base de Datos. Esta base de datos que se ha programado en PostgreSQL está integrada a la aplicación, y al pulsar "EndRecording", toda la información de la sesión se envía a esta base de datos.

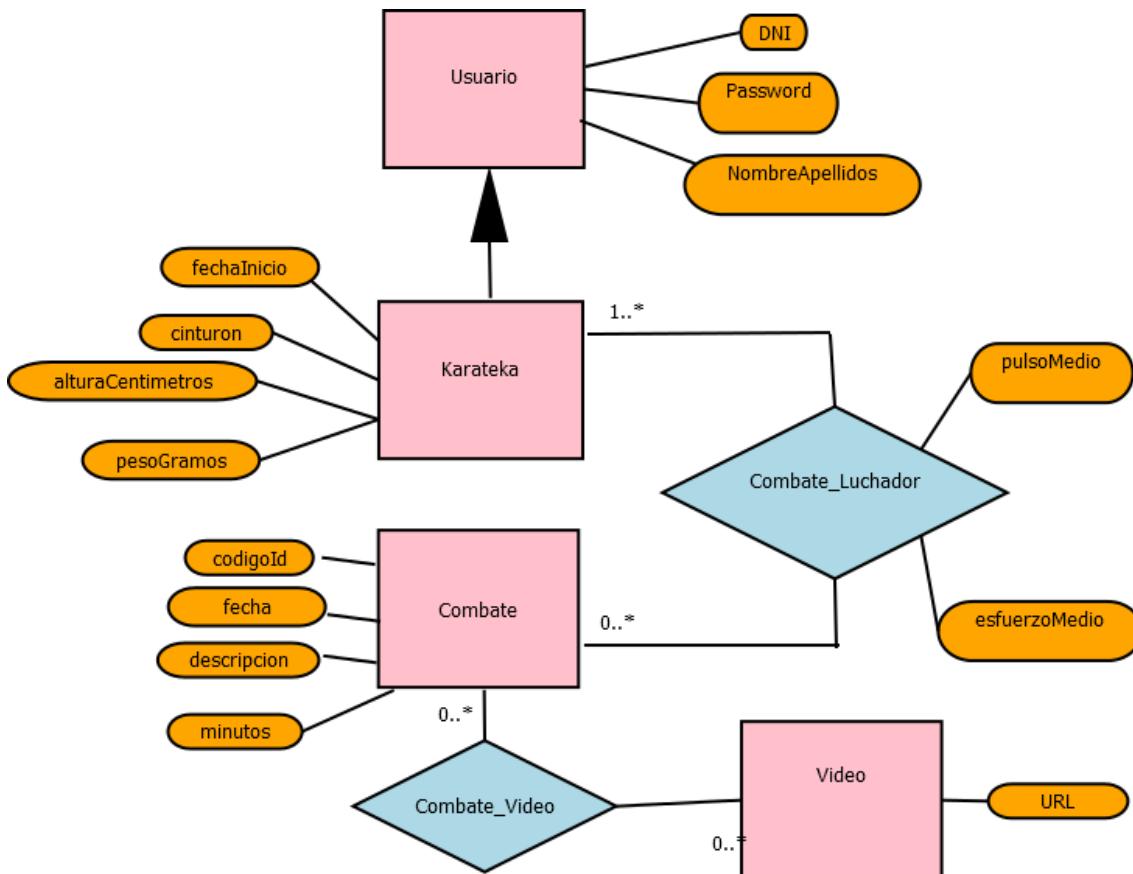


Ilustración 65. Base de datos de Kumitron

## 4.2 Módulo web

Este módulo permite la visualización de los datos de las sesiones grabadas, ya para ello se ha utilizado un modelo de programación MVC. La implementación del modelo MVC en el proyecto se ha realizado de la siguiente forma usando las siguientes tecnologías de programación.

Así el cliente se comunica vía HTML con los archivos .JSP y trabaja directamente en la capa web, lo que mejora el rendimiento de la aplicación

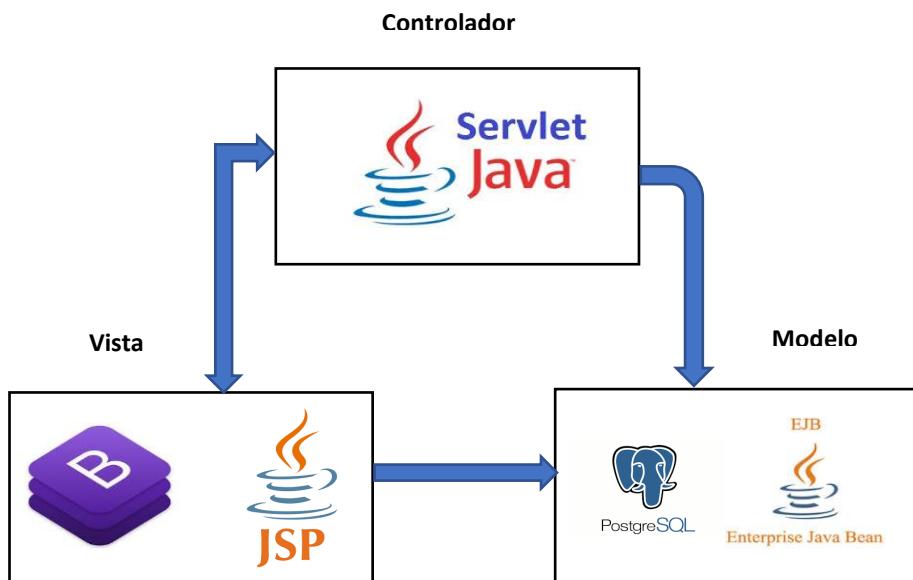


Ilustración 66. Modelo MVC con las tecnologías aplicadas

El esquema de la arquitectura de páginas de la aplicación web es el siguiente:

Así la página principal es la siguiente que se muestra:

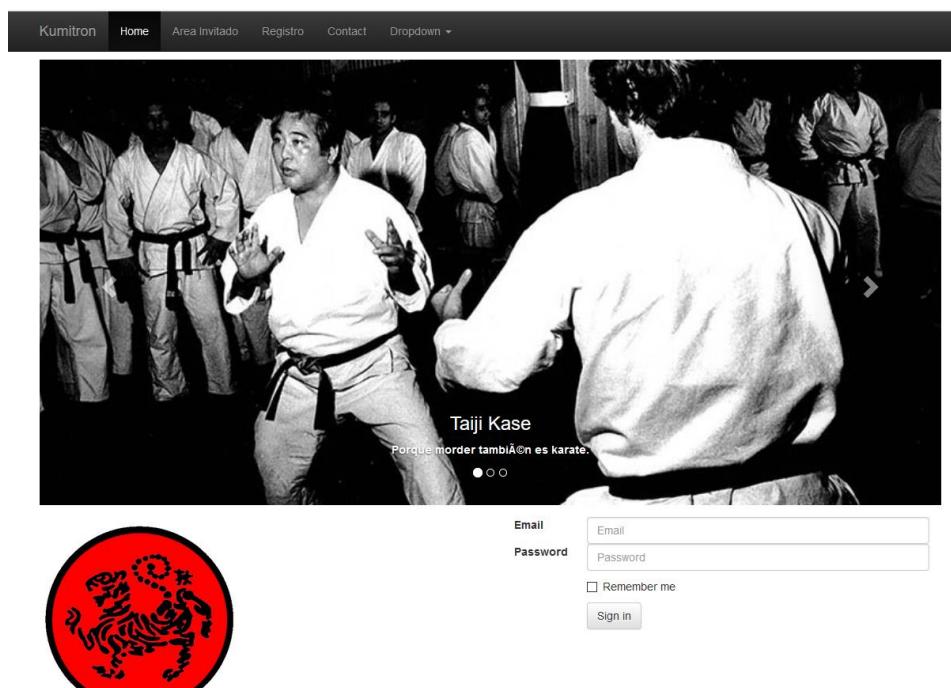


Ilustración 67. Página principal web Kumitrón

Desde esta página, se puede realizar lo siguiente:

1. Loguearse: La persona que visita la página se loguea y entra directamente al área que le corresponde en función de si es Maestro
2. Darse de alta en el sistema: los alumnos y Maestros acceden a un formulario a través del cual se dan de alta en el sistema. De esta forma, podrán posteriormente loguearse y acceder a su área correspondiente.
3. Acceder al área de invitado. Se ha dispuesto de una página de invitado para aquellas personas que deseen informarse sobre el Karate y la publicidad en general que decida ir incorporando a la misma.
4. Contacto: Se ha puesto un enlace de contacto para cualquier cuestión que las personas que acceden a la web estimen oportuno.

Cabe destacar que la aplicación ha sido desarrollada con el framework Bootstrap. **Bootstrap** es un framework CSS y Javascript diseñado para la creación de interfaces limpias y con un diseño responsive. Además, ofrece un amplio abanico de herramientas y funciones, de manera que los usuarios pueden crear prácticamente cualquier tipo de sitio web haciendo uso de estos.

Actualmente, **Bootstrap** es una de las alternativas más populares a la hora de desarrollar tanto sitios webs como aplicaciones. Una de las principales ventajas que ofrece es que permite la creación de sitios y apps 100% adaptables a cualquier tipo de dispositivo. Esta ha sido una de las características clave a la hora de elegir este framework de desarrollo.

Sabiendo que muchos alumnos se conectarán desde móviles o tabletas, era necesario programar la aplicación para que pudiera ser accedida desde estos dispositivos. Y con Bootstrap se consigue que las aplicaciones estén programadas tanto para tener acceso a través de PC-s como desde dispositivos móviles. La vista de la página index.jsp para un dispositivo móvil quedaría de la siguiente forma.

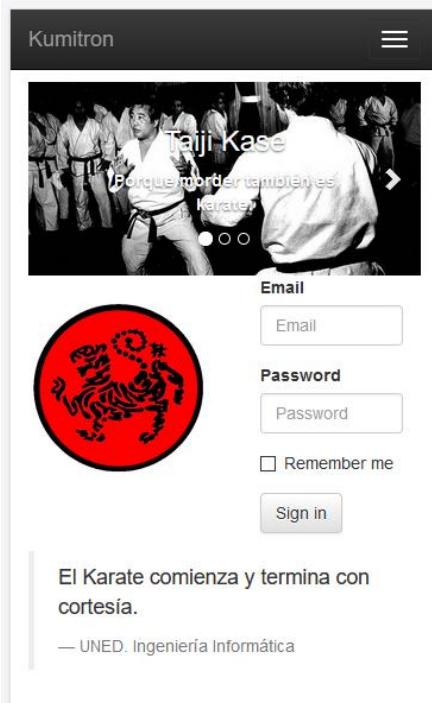


Ilustración 68. Visión móvil de la página principal de Kumitrón

El uso de columnas responsive tipo flexbox, hace de este framework un software ideal para programar webs para dispositivos móviles.

Desde el index, a través del logueo, los visitantes pueden acceder a su área bien de Maestro o de Alumno. En función del perfil de cada uno, tendrán acceso páginas diferentes con funciones diferentes.

### **Área Alumno**

En la página de alumno, los alumnos tendrán acceso a los vídeos de sus combates, a sus datos personales, e información enriquecida de inteligencia artificial. Se dispone de un enlace desde el que se accede a la aplicación Weka, que dispondrá de una base de datos con archivos .csv específicos según algoritmo. Así el alumno podrá aprender y mejorar su actividad de kumite observando sus movimientos en vídeo. Los datos de combate como historial de peleas, victorias... también serán enriquecidos con estadísticas y algoritmos de inteligencia artificial.

Los datos personales son los propios de cualquier usuario, y además los campos propios de cualquier luchador de Karate:

- Altura (en centímetros).
- Peso (en gramos).
- Fecha de inicio en Karate (dd/mm/aaaa).
- Cinturón de Karate.

### **Área Maestro**

En esta área, a la que accede el Maestro a través del loggeo, el Maestro podrá acceder a las siguientes opciones:

- Vídeos: El Maestro podrá ver todos los vídeos de todos sus alumnos, tanto en forma normal, así como filtrados con algoritmos de JavaCV.
- Datos Personales: En esta área tendrá acceso a sus datos personales web y de Karateka.
- Listados: El Maestro tendrá acceso s los diferentes listados que le ofrece el sistema.
- Links.

**"** No pidas por una vida fácil,  
pide por la fuerza para  
soportar una difícil.

Bruce Lee



## 5. Resultados

En este capítulo se encuentran las diferentes pruebas manuales realizadas al Sistema KUMITRÓN.

### 5.1 Pruebas al sistema en general y BBDD

PG1 Realizar una comprobación del sistema	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar y encender aplicación Java. Comprobar tiempo &lt; 5 segundos</li> <li>• Entrar y salir del módulo web. Comprobar tiempo &lt; 5 sg.</li> <li>• Probar todas las funcionalidades de ambos módulos. Acceso en menos de 5 seg.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RNF1, RNF12
<b>Resultado</b>	Superada

Ilustración 69. PG1 Realizar una comprobación del sistema

PG2 Comprobar funcionamiento BBDD	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar tiempo grabación y registro en BBDD &lt; 2 segundos.</li> <li>• Comprobar BBDD está protegida con clave.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF7 RNF2, RNF3
<b>Resultado</b>	Superada

Ilustración 70. PG2 Comprobar funcionamiento BBDD

PG3 Chequear Manual Usuario	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar que existe manual de usuario.</li> <li>• Analizar contenido y presentación.</li> <li>• Analizar curva de aprendizaje con un usuario. &lt; de 4 horas</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RNF6, RNF4
<b>Resultado</b>	Superada

Ilustración 71. PG3 Chequear manual usuario

### 5.2 Módulo de entrenamiento

PE1 Comprobar que el hardware vía WiFi conecta con el PC/portátil (vía sockets TCP)	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se observa el intento de comunicación entre módulos en el IDE Arduino.</li> <li>• Se espera el mensaje de conexión aceptada.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	
<b>Resultado</b>	Superada

Ilustración 72. PE1 Comprobar que el hardware vía WIFI conecta con el PC

PE2 Sincronización de los datos de Vídeo, Pulso y aceleración	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar se recibe vídeo.</li> <li>• Comprobar se reciben los datos del acelerómetro.</li> <li>• Comprobar se reciben datos pulsímetro.</li> <li>• Comprobar que están sincronizados</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF1, RF2, RF3, RF5
<b>Resultado</b>	Superada

Ilustración 73. PE2 Comprobar que se reciben los datos de vídeo, pulso y aceleración

<b>PE3 Comprobar Sistema de voz</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar que el maestro emite y recibe voz.</li> <li>• Comprobar que el alumno emite y recibe voz.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF4
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 74. PE3 Comprobar sistema de voz*

<b>PE4 Comprobar que se graban los datos en la base de datos</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se inicia la grabación de un combate.</li> <li>• Pasado un tiempo se acaba y el sistema mete los datos en la BBDD.</li> <li>• Se comprueba que los datos han sido grabados.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 75. PE4 Comprobar que se graban los datos en la base de datos*

<b>PE5 Comprobar que la BBDD graba datos de los 2 karatekas</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se inicia la grabación de un combate.</li> <li>• Se guarda el combate para los dos luchadores.</li> <li>• Se comprueba que los datos han sido grabados para cada luchador.</li> <li>• Se comprueban los datos de los sensores que son correctos.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 76. PE5 Comprobar que la BBDD graba datos de los 2 karatekas*

### 5.3 Módulo web

<b>PW1 Comprobar que un visitante puede acceder como invitado</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desde un ordenador cualquiera</li> <li>• Móvil o Tablet.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RNF9, RNF10
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 77. PW1 Comprobar que un visitante puede acceder como invitado*

<b>PW2</b> <b>Registrarse en el sistema</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acceder a el formulario de registro.</li> <li>• Registrarse.</li> <li>• Meter datos incorrectos para ver mensajes de error.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF17, RF18, RNF8
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 78. PW2 Registrarse en el sistema*

<b>PW3</b> <b>Comprobar que un usuario ya registrado puede acceder con Loging+Password</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Login incorrecto (email) -&gt;Mensaje Error. No pasa.</li> <li>• Password incorrecto -&gt;Mensaje Error. No pasa.</li> <li>• Login+Password correctos -&gt; su página personal.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF14, RF15, RF16, RF19 RNF8, RNF11
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 79. PW3 Comprobar que un usuario ya registrado puede acceder con Loging + Password*

<b>PW4</b> <b>Comprobar que un visitante puede registrarse como usuario</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Login ya existe (no se permite)</li> <li>• Registro aceptado -&gt; comprobar que el login funciona</li> <li>• Comprobar 1 y 2 para un maestro</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 80. PW4 Comprobar que un visitante puede registrarse como usuario*

<b>PW5</b> <b>Comprobar que varios usuarios pueden hacer los pasos anteriores concurrentemente sin conflictos</b>	
<b>Descripción</b>	Simultanear varios puestos a la vez. Funcionamiento correcto a cada usuario.
<b>Requisitos relacionados</b>	
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 81. PW5 Comprobar que varios usuarios pueden hacer los pasos anteriores concurrentemente sin conflictos*

<b>PW6</b> <b>Comprobar contenido Área Maestro y alumno</b>	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprobar contenido Maestro: Listado alumnos y sus respectivos vídeos.</li> <li>• Comprobar contenido alumno: datos medios datos sensores y vídeo combate.</li> <li>• Comprobar que el contenido concuerda con al usuario registrado.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF8, RF9 RNF13
<b>Resultado</b>	Superada

*Ilustración 82. PW6 Comprobar contenido Área maestro y alumno*

PW7 Comprobar compatibilidad de Sistemas operativos y navegadores	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probar Sistemas operativos: Windows, Linux y OS.</li> <li>• Probar: Firefox, Explorer y Chrome.</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF11, RF12, RF13
<b>Resultado</b>	Superada

Ilustración 83. PW7 Comprobar compatibilidad de Sistemas operativos y navegadores

PW8 Comprobar que hace la conexión con Weka	
<b>Descripción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probar que el botón de IA conecta con la aplicación Weka</li> <li>• Comprobar que se abre el programa y funciona correctamente</li> </ul>
<b>Requisitos relacionados</b>	RF6
<b>Resultado</b>	Superada

## 5.4 Pruebas de Usuario

Debido al problema del Covid-19, no ha sido posible hacer pruebas de campo que permitan valorar el funcionamiento del sistema. Es por ello que he tenido que hacer las pruebas personalmente en casa y comprobar los diferentes elementos del dispositivo y su funcionamiento.

### 5.4.1 Conexión WIFI

Lo primero es conectar la placa Arduino con el ordenador y la aplicación a través del WIFI. Para ello hay que conectarse a la red “Elvis” de la placa.



Ilustración 84. Conexión WIFI Arduino Kumitrón "Elvis"

Una vez hecha la conexión, la aplicación empieza a recibir los valores que emiten los sensores de Arduino.

### 5.4.2 Algoritmos OpenCv

Para comprobar si el algoritmo utilizado aporta valor añadido a la práctica de kumite, he lanzado puñetazos de forma correcta e incorrecta para ver que imagen filtrada ofrece la aplicación.



Ilustración 85. Puñetazo bien lanzado analizado con algoritmo Motion Detection de la librería OpenCV

Aquí vemos como un puñetazo lanzado de forma correcta es poco detectable, y deja una pequeña nube blanca en la pantalla. Los puñetazos tienen que ser directos moviendo poco el codo y el resto del cuerpo.



Ilustración 86. Puñetazo mal lanzado analizado con algoritmo Motion Detection de la librería OpenCV

Aquí vemos un puñetazo lanzado con una mala técnica genera una nube blanca más grande marcando diferentes zonas de movimiento, sobre todo el codo hacia afuera.

#### 5.4.3 Kit Arduino

Para la prueba de la placa Arduino y las señales de los sensores, me coloqué el equipo e inicie una sesión de grabación en la que me moví como si estuviera en un kumite para ver los datos que se van recibiendo de la placa y sensores. La imagen de la grabación es la siguiente:

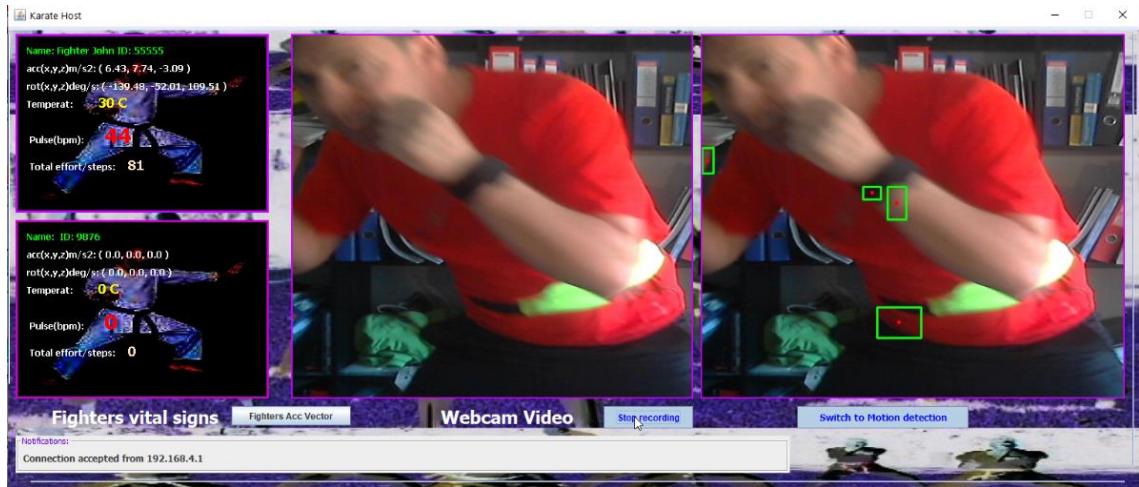


Ilustración 87. Simulación de kumite con la aplicación Kumitrón

La aplicación cada sesión de entrenamiento genera un archivo .csv que está pensado para poder hacer un posterior estudio de algoritmos de Machine Learning con programas como Weka.

Esta simulación de entrenamiento, genera los siguientes datos recogidos en la siguiente tabla.

A	B	C	D	E	F	G
1	Block num,Block instant(ms),Temperature,Pulse,Acc_X,Acc_Y,Acc_Z,Rot_X,Rot_Y,Rot_Z					
2	6.0,470.35,0.60,0.15788,0.920,0.8196,0.535,0.61,0,-27.0					
3	7.0,456,0.35,0.60,0.15816,0.120,0.7984,0,-388,0.504,0,-388.0					
4	8.0,978,0.35,0.60,0.15596,0.552,0.8196,0,-527,0.123,0.185,0					
5	9.0,1479,0.35,0.60,0.15656,0,-768,0.8172,0,-1375,0.181,0,1579,0					
6	10.0,1983,0.35,0.60,0.15460,0,-848,0.9416,0.2459,0,-722,0,-4564,0					
7	11.0,2472,0.35,0.60,0.15308,0.2196,0.8168,0.2174,0,-44,0,-5726,0					
8	12.0,2975,0.35,0.60,0.13752,0,10648,0.6696,0.1974,0,-976,0,-5868,0					
9	13.0,3459,0.35,0.60,0.10836,0.11932,0.7824,0.2087,0.2047,0.862,0					
10	14.0,3980,0.35,0.60,0.11784,0.11688,0.11612,0,-7473,0.3010,0,-2727,0					
11	15.0,4475,0.35,0.60,0.11964,0.6208,0.8688,0,-1315,0,-268,0,-351,0					
12	16.0,4978,0.35,0.60,0.13520,0.8636,0.8092,0,-13552,0,-5259,0,-9843,0					
13	17.0,5480,0.35,0.60,0.16220,0.404,0.15364,0,-12960,0,-1510,0,-3361,0					
14	18.0,5978,0.35,0.60,0.22072,0,-1596,0.18192,0,-11315,0,-7783,0,-7309,0					
15	19.0,6490,0.35,0.60,0.13780,0.4860,0.8420,0,-9360,0,-2601,0,-3638,0					
16	20.0,6974,0.35,0.60,0.11752,0.3712,0.8124,0,-12359,0,-6391,0,-9796,0					
17	21.0,7491,0.35,0.60,0.9404,0.3296,0.13400,0,-12572,0,-4998,0,-7480,0					
18	22.0,7974,0.35,0.60,0.16864,0.5236,0.10168,0,-3536,0,2115,0,352,0					
19	23.0,8497,0.35,0.60,0.13724,0.9232,0.9368,0.4792,0.7783,0.2888,0					
20	24.0,8980,0.35,0.60,0.5236,0,-880,0.1804,0,-5595,0.196,0.4841,0					
21	25.0,9476,0.35,0.60,0.17020,0.12432,0.17608,0.6962,0.5643,0.211,0					
22	26.0,9985,0.35,0.60,0.8324,0.6380,0.8448,0.17557,0.4209,0.11101,0					
23	27.0,10482,0.35,0.60,0.14648,0.3184,0.5848,0.16307,0.6597,0.11091,0					
24	28.0,10977,0.35,0.60,0.22820,0.3264,0.15156,0.11340,0.5855,0.4083,0					
25	29.0,12793,0.35,0.60,0.20488,0.20444,0.17604,0.16159,0,-1624,0,-514,0					
26	30.0,12793,0.35,0.60,0.7632,0.1824,0.4372,0.21700,0.7478,0.12853,0					
27	31.0,12793,0.35,0.60,0.12164,0.4444,0.7380,0.8330,0.2081,0.9193,0					
28	32.0,12950,0.35,0.60,0.16248,0.1132,0.4296,0,-3946,0,-2396,0,310,0					
29	33.0,13501,0.35,0.60,0.14896,0.9972,0.10420,0.7402,0.394,0.2169,0					
30	34.0,13975,0.35,0.60,0.10644,0.12616,0.8708,0.8941,0.1542,0.5478,0					
31	35.0,14475,0.35,0.60,0.23076,0.9940,0.12556,0.14689,0.13822,0.10923,0					
32	36.0,14972,0.35,0.60,0.21004,0,-456,0.9428,0,-4278,0.220,0,-2493,0					

Ilustración 88. Archivo .csv generado por la sesión

Esta tabla se genera al finalizar la sesión de forma automática. Al tratarse de un archivo .csv, hay que pasarlo a tipo .xls para poder trabajar con el mismo.

Bloque	Block instant(ms)	Temperature	Pulse	Acc_X	Acc_Y	Acc_Z	Rot_X	Rot_Y	Rot_Z
6	47	35	60	15788	920	8196	-535	61	-27
7	456	35	60	15816	120	7984	-388	504	-388
8	978	35	65	15596	552	8196	-527	123	185
9	1479	35	60	15656	-768	8172	-1375	181	1579
10	1983	35	60	15460	-848	9416	2459	-722	-4564
11	2472	35	60	15308	2196	8168	2174	-44	-5726
12	2975	35	60	13752	10648	6696	-1624	0	-514

13	3459	35	60	10836	11932	7824	1087	2047	862
14	3980	35	70	11784	11688	11612	-7473	3010	-2727
15	4475	35	60	11964	6208	8688	-1315	-268	-351
16	4978	35	60	13520	8636	8092	-13552	-5259	-9843
17	5480	35	60	16220	404	15364	-12960	-1510	-3361
18	5978	35	60	22072	-1596	18192	-11315	-7783	-7309
19	6490	35	60	13780	4860	8420	-9360	-2601	-3638
20	6974	35	60	11752	3712	8124	-12359	-6391	-9796
21	7491	35	60	9404	3296	13400	-12572	-4998	-7480
22	7974	35	80	16864	5236	10168	-3536	2115	352
23	8497	35	60	13724	9232	9368	4792	7783	2888
24	8980	35	60	5236	-880	1804	-5595	196	4841

Ilustración 89. Archivo convertido a .xls desde el .csv de sesión Kumitrón

He aquí un fragmento del archivo .xls obtenido a partir del archivo .csv.

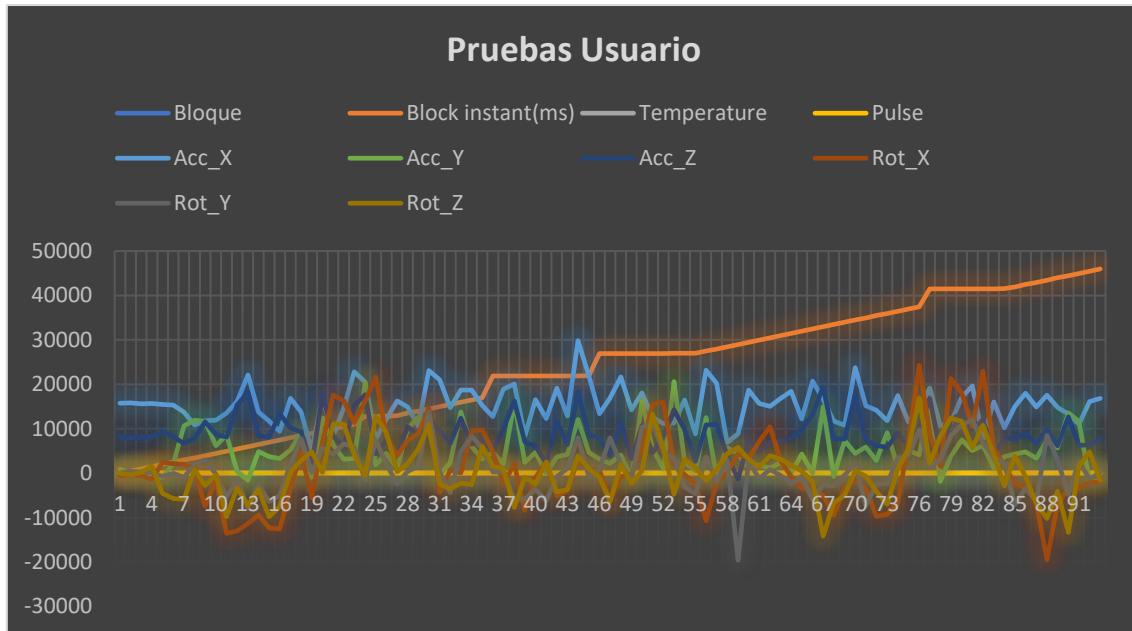


Tabla 24. Gráfico de los datos de la sesión de los sensores de la aplicación Kumitron

He aquí un pequeño gráfico que recoge todas las variables de los sensores recogidos a lo largo de diferentes tramos.

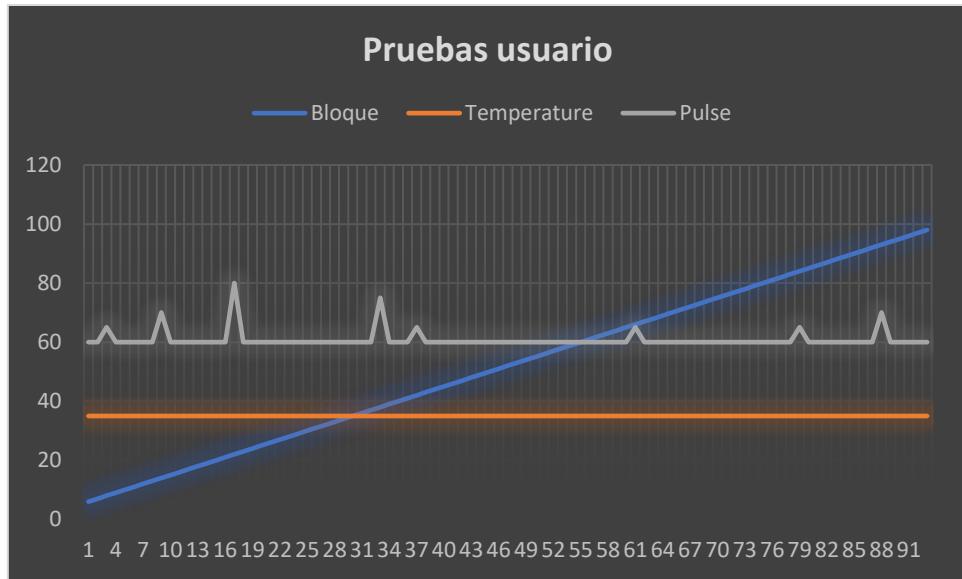


Tabla 25. Datos de la temperatura y pulso de la sesión

En este gráfico he separado los datos del pulso y la temperatura que al ser significativamente más pequeños que el resto de datos no se distinguen bien.

#### 5.4.4 Conclusiones de prueba de usuario

Ha sido una pena que debido al Covid19 no se haya podido hacer pruebas de Usuario en un gimnasio con karatecas para corroborar el perfecto funcionamiento del sistema. Las pruebas realizadas han sido correctas, y los sensores han retransmitido los datos de forma correcta. En cada bloque el sistema recoge los valores en XYZ del giroscopio y acelerómetro. En cada bloque se reciben datos de los sensores que varían entre bloques de forma que la retransmisión es continua por todos los sensores y todas las variables de cada una de ellas.

Dado que este PFG va a ser el punto de partida para llevar a cabo una investigación en el Máster en Investigación en IA, se plantea empezar con una recogida de datos con usuarios en un dojo de Karate que cumpla un doble fin: i) hacer la evaluación con usuarios del sistema para verificar in situ el correcto funcionamiento del sistema, ii) recoger datos para entrenar los algoritmos de Inteligencia Artificial. Además, el análisis de los datos recogidos permitirá sacar conclusiones de cómo mejorar la actividad comparando los datos de usuarios noveles y expertos.



## 6. Conclusiones

Ha sido un verdadero placer poder aplicar los conocimientos técnicos de la carrera sobre una afición como lo es las artes marciales. El hecho de poder diseñar un sistema útil a un problema determinado sobre un arte que he practicado ha sido muy satisfactorio.

Este PFG ha intentado dar solución a una serie de problemas que surgen en el desarrollo de la enseñanza y el aprendizaje del Karate. Para ello ha sido fundamental la participación de diferentes profesores y alumnos respondiendo una serie de cuestionarios diseñados para ellos. También ha sido fundamental la experiencia marcial de los directora del PFG.

La definición del problema ha permitido poder diseñar una solución técnica que pudiera en cierto modo aportar un plus de valor añadido a la enseñanza y el aprendizaje del Karate, incidiendo en el kumite como actividad nuclear. El problema en cuestión a solucionar era una necesidad insatisfecha por los karatecas. Se trataba de añadir nuevas tecnologías al entrenamiento para poder avanzar y mejorar el desempeño en la actividad. Esto ha quedado reflejado en las respuestas recogidas al cuestionario planteado a los usuarios. De este modo, se ha creado una arquitectura técnica, capaz de aportar soluciones a las demandas de este colectivo y que se ha desarrollado de forma extensible para irse enriqueciendo con futuras contribuciones para resolver necesidades que se identifiquen en el futuro..

Como solución se han diseñado dos módulos, uno de aplicación para el entrenamiento en tiempo real y otro módulo web para estudiar lo realizado en kumite a través de una aplicación en internet. Las limitaciones técnicas han sido considerables, ya que se ha creado un sistema con un hardware útil para el desarrollo académico, pero quizás un poco justo para una actividad profesional. Al ser el kumite una actividad tan brusca, el hardware sufre mucho, y es necesario unos gadgets muy robustos para este desempeño. Se entiende que esta herramienta pueda ser utilizada por equipos semiprofesionales que vayan incluso a las olimpiadas, por lo que entiendo que pueda ser necesaria una revisión de los elementos utilizados para la mejora de las señales recibidas: voz, vídeo, giroscopio y acelerómetro. Además, se deberían incorporar nuevos sensores en función de la demanda, como por ejemplo sensores orientados a la salud física que es un factor muy importante en el entrenamiento.

El software también debe sufrir un proceso de rediseño importante. Los algoritmos de visión artificial están renovándose constantemente, por lo que hay que estudiar aquellos que sean más interesantes para el kumite.

Por otro lado, dada la extensión del trabajo, se ha tenido que postergar la parte de entrenamiento de algoritmos de Aprendizaje Automático. Al ser un PFG ligado al TFM que se espera desarrollar en el siguiente año, esta parte, que corresponde a una tarea investigadora más propia de un Máster en Investigación se desarrollará durante el curso académico 2020-2021. Así, el trabajo del PFG se ha centrado en el desarrollo de la infraestructura tecnológica que permita llevar a cabo una investigación de interés en el ámbito de la Inteligencia Artificial.

La sensación general es que cuanto más se hace, más queda por trabajar. El karate es un arte tan extenso, y con tantas actividades, partes y ejercicios, que el hecho de focalizar la herramienta para una única actividad ha dejado un sabor agridulce. Siendo el kumite una parte del entrenamiento, creo que podría ser interesante ampliar las herramientas tecnológicas a más partes de la enseñanza y aprendizaje de Karate como por ejemplo las katas. Mucho del trabajo realizado para el kumite podría ser utilizado, y esto haría más atractivo para los dojos la adopción de esta herramienta. Comentar a este respecto que precisamente el hecho de plantear el desarrollo de una herramienta para dar soporte a los kumites es un reto tecnológico mayor que el soporte a la ejecución de las katas, ya que los kumites tiene una interacción entre participantes de la que carecen las katas, que se desarrollan como combates frente a sujetos

imaginarios. De hecho, en el proceso de elaboración de la solicitud de la patente, se ha visto que sólo podríamos plantear novedad y actividad inventiva en el desarrollo realizado asociado a la interacción entre varios participantes.

Creo que la herramienta puede ser comercializable. Los cerca de 80.000 karatekas federados en el año 2019, son un grupo importante a los que les puede interesar adoptar una herramienta de este tipo. De hecho, de las encuestas de ofrecimiento de colaboración, hay varias personas que quieren contactar y ampliar y colaborar en el desarrollo y aplicación de la herramienta. Es un interés constatado, y a estudiar comercialmente. Lo más importante de las respuestas, es que por un lado casi el 100% está interesado en aplicar algún tipo de herramienta de Inteligencia Artificial, y al mismo tiempo desconocen algún dojo o gym donde se esté haciendo. Se entiende que hay un mercado potencial importante en estos momentos.

Además, el olimpismo del karate en el año 2021 (por la Covid), es un hype que hay que aprovechar, para poder introducirse en este mercado. Se presume que va a tener un gran tirón comercial el mundo del karate, y es por ello que pueda ser que muchos dojos se muestren receptivos a mejorar y modernizar sus entrenamientos.

Entiendo que puede ser importante trabajar con un dojo concreto en la mejora de la herramienta, para que sea realmente comercial y vendible. Si además de esto se consigue algún tipo de protección comercial, vía patente o modo de uso, se podría obtener una fuente de ingresos para poder seguir mejorando la herramienta y diseñar nuevas soluciones para diferentes problemas del arte marcial y otras actividades.

# SHOTOKAN



# KARATE



## 7. Futuras líneas de trabajo

El sistema que se ha diseñado, desarrollado y evaluado en este PFG permite ser enriquecido de diversas maneras. Para identificar posibles mejoras, es necesario estar en constante contacto con Karatekas así como estudiar el mercado de nuevos sistemas de hardware de los sensores corporales. No obstante, en base a la experiencia obtenida en este PFG, a continuación se identifican varias líneas de trabajo que se pueden considerar, algunas de las cuales se abordarán en el Máster Universitario en Investigación en Inteligencia Artificial de la UNED, como parte del Trabajo Fin de Máster de 27 ECTS que se va a desarrollar ahí.

- **Añadir más sensores y mejorar la información del sistema:** El sistema está abierto a incorporar nuevos sensores que se añaden a los que ya se tienen que mejoren la ergonomía e información que el sistema de hardware actual. En concreto, está previsto incorporar un wearable pectoral con un sensor de respiración a modo de cinturón de pecho para medir la frecuencia respiratoria, lo cual puede servir también para medir la concentración y relajación del participante, que es de interés en el proyecto INT2AFF (*INTElligent INTra-subject development approach to improve actions in AFFect-aware adaptive educational systems*) financiado por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-102279-B-I00 (MCIU/AEI/FEDER, UE) .
- **Mejorar y ampliar la información** que se muestra en la aplicación sobre la actividad realizada por los participantes.
- **Buscar un dron** que tenga mejores características técnicas y ofrezca mejor calidad de imagen que el dron actual, y que permita por tanto, un mejor procesamiento con técnicas de Visión Artificial.
- Seleccionar los mejores **algoritmos de Visión Artificial** que aporten mejor información en el entrenamiento. Profundizar en las librerías que ofrece OpenCV para encontrar algoritmos de visión artificial que mejoren los ya seleccionados.
- Realizar el **entrenamiento de los algoritmos** diseñados, para que el sistema esté proporcionando predicciones en el entrenamiento en tiempo real, así como plantear otros algoritmos para realizar nuevas predicciones.
- Estudio de la posibilidad de **migración del programa hacia otros lenguajes** que puedan ofrecer mejores soluciones en Inteligencia Artificial como puede ser Python.
- **Mejora de la programación de la aplicación** en todos sus requerimientos: Interfaz Gráfica, seguridad, usabilidad... realizar un proceso de reingeniería de la aplicación, así como revisar la accesibilidad del desarrollo realizado.
- Extender la aplicación para el entrenamiento de combates de forma individual por parte del alumno. Para ello, se propone la integración de **gafas virtuales** para que los alumnos puedan entrenar de forma individual con un combatiente imaginario y sin la supervisión del Maestro.
- **Ampliar la aplicación** del desarrollo realizado para otras artes marciales que necesiten monitorizar la práctica combinada de dos participantes (como el Aikido). También se estudiará la ampliación de la aplicación a otros deportes, como por ejemplo el Pádel, tenis...
- **Analizar la accesibilidad del sistema.** Ya se está analizando la adaptación de la infraestructura desarrollada en el PFG para un proyecto de I+D que se va a presentar al CDTI junto con Idavinci que está orientado a dar soporte a parakaratecas (karatecas con discapacidad). Esto supone un reto tecnológico para garantizar que la información se transmite de la misma forma para todos los usuarios, independientemente de su discapacidad.



## 8. Glosario

### Big Data

Conjunto de datos tan grande que necesita de ordenadores y algoritmos para ser tratada, - 4 -

### BLE

Bluetooth Low Energy, - 21 -

### Connor McGregor

Campeón irlandés de la UFC, - 1 -

### Dan, - 3 -

Grado o Nivel de karate, - 3 -

### INT<sup>2</sup>AFF

Enfoque de desarrollo INTeligente en INTrasujeto para mejorar acciones en sistemas adaptativos educativos que consideran el estado AFFectivo, - 6 -

### IoT

Internet of Things, - 18 -

### Kobudo

Combate con armas, - 1 -

### kumite

### combate de karate, v

### MMA

Artes marciales mixtas, - 1 -

### mocap

captación de movimientos a través de elementos de IA, - 17 -

### sensei, - 3 -, - 60 -

Maestro Karate, - 3 -

### Shotokan, - 2 -, - 118 -, - 119 -

Estilo Karate Okinawa, - 2 -

### STEAM

artes aplicadas a la enseñanza de las ciencias, - 15 -

### UFC

Mayor empresa de campeonatos de artes marciales, - 1 -

### UMAP

User Modelling Adaptation and Personalization, - 4 -



## Referencias

- Ag. Fight. (Septiembre de 2019). *AgFight*. Obtenido de <https://agfight.com.br/es/misha-cirkunov-utiliza-realidad-virtual-en-preparacion-para-ufc-canada/>
- Agencia Tributaria. (s.f.). *agenciatributaria*. Obtenido de <https://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio.shtml>
- Aspamya Dreams Ltd. (2003-2019). *Aikido 3D*. Obtenido de <https://www.aikido3d.com/>
- conSalud. (6 de Noviembre de 2019). *conSalud*. Obtenido de [https://www.consalud.es/tecnologia/avances/crean-traje-economico-capaz-transformar-movimientos-humanos-3d\\_70478\\_102.html](https://www.consalud.es/tecnologia/avances/crean-traje-economico-capaz-transformar-movimientos-humanos-3d_70478_102.html)
- Curry, J. (4 de Enero de 2018). *Google Patents*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US20180001141A1/en>
- El Confidencial. (30 de Marzo de 2017). *El Confidencial*. Obtenido de [https://www.elconfidencial.com/deportes/boxeo-y-artes-marciales/2017-03-30/martial-tribes-muay-thai-taichi-judo-mma-ufc\\_1358106/](https://www.elconfidencial.com/deportes/boxeo-y-artes-marciales/2017-03-30/martial-tribes-muay-thai-taichi-judo-mma-ufc_1358106/)
- expertoMMA. (2018). *expertoMMA*. Obtenido de [https://expertomma.com/significado/que-es-mma/#Sumisiones\\_Submissions](https://expertomma.com/significado/que-es-mma/#Sumisiones_Submissions)
- Federation, W. K. (2018). *Reglas de Competición de Kumite y Kata*.
- García Giménez, J. (2017-2018). *Visualización de datos y personalización inteligente de explicaciones para su utilización en la medicina del deporte*. TFM, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Informática. Obtenido de [https://eprints.ucm.es/49434/1/TFM\\_JGG\\_0155\\_print.pdf](https://eprints.ucm.es/49434/1/TFM_JGG_0155_print.pdf)
- González García-Muñoz, C., & Huertas Herrero, A. (2017-2018). *Sistema para la supervisión remota de actividad física para pacientes mediante pulseras de sensores*. TFG, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Informática. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/48877/>
- González, J. A. (2019). Crean un traje que reproduce el cuerpo humano en 3D para estudiar los movimientos. *El Comercio*.
- Han, P.-H., Chen, Y.-S., Zhong, Y., Wang, H.-L., & Hung, Y.-P. (1997). *My Tai-Chi coaches: an augmented-learning tool for practicing Tai-Chi Chuan*. In *Proceedings of the 8th Augmented Human International Conference (AH '17)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 25, 1–4. Obtenido de <https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3041164.3041194>
- Harasymowicz, J., & Roman M., K. (24 de Noviembre de 2005). *Training of psychomotor adaptation - a key factor in teaching self-defense*. *Archives of Budo*, 2005, Vol. 1: 19-26. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/288635387\\_Training\\_of\\_psychomotor\\_adaptation-a\\_key\\_factor\\_in\\_teaching\\_self-defence](https://www.researchgate.net/publication/288635387_Training_of_psychomotor_adaptation-a_key_factor_in_teaching_self-defence)
- Hoang, D., & Schuldt, E. (4 de Septiembre de 2018). *Google Patents*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/US10065074B1/en>
- La Delpha, J., Bayta, M. A., Patibanda, R., Khot, R., & Mueller, F. (25 de Abril de 2020). *exertiongameslab*. Obtenido de <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3313831.3376786>

- Martial Tribes. (2018). *Martial Tribes*. Obtenido de <https://www.martialtribes.com/>
- Mayweather, F. (2019). *Mayweather Boxing Fitness*. Obtenido de <https://www.mayweather.fit/vr>
- mDurance. (2019). *mDurance*. Obtenido de <https://www.mdurance.eu/>
- Pardo Delgado, A. (Julio de 2019). TFM Diseño y aplicación para el análisis táctico del karate en la modalidad kumite. Máster Universitario en Entrenamiento y Rendimiento Deportivo. Universidad de León.
- Peñate Garrido, M. (2017). *TFG. Aplicación móvil y web para la monitorización de datos recogidos mediante la pulsera inteligente MiBand 2 usando BLE y la plataforma Fi-ware*. Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingeniería. Obtenido de <https://bibing.us.es/proyectos/abreproj/91441>
- Pressman, R. S. (1998). *Ingeniería del Software*. McGrawHill.
- Santos, O. (2017). Psychomotor Learning in Martial Arts: an Opportunity for User Modeling, Adaptation and Personalization. In Adjunct Publication of the 25th Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP '17). Association for Computing Machinery, New York. Obtenido de <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3099023.3099107>
- Santos, O. C., Corbi, A., & Burgos, D. (17 de Agosto de 2019). *Intelligent Framework for Learning Physics with Aikido (Martial Art) and Registered Sensors*. *Sensors*, 19, 3681. Obtenido de <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/17/3681>
- Santos, O., & Corbí, A. (5 de Diciembre de 2019). *Can Aikido Help With the Comprehension of Physics? A First Step Towards the Design of Intelligent Psychomotor Systems for STEAM Kinesthetic Learning Scenarios*. In *IEEE Access*, vol. 7, pp. 176458-176469. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8924699>
- SONY. (2019). *PlayStation*. Obtenido de <https://www.playstation.com/es-es/games/creed-rise-to-glory-ps4/>
- Sport, C. (13 de Junio de 2019). *CMD Sport*. Obtenido de <https://www.cmdsport.com/multideporte/los-10-deportes-con-mas-federados-en-espana/>
- Statista. (18 de Noviembre de 2019). *Statista*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1066566/karate-numero-de-federados-en-espana-por-comunidad-autonoma/>
- UNED. (Septiembre de 2019). *Guía del Máster de Inteligencia Artificial*. Obtenido de [http://portal.uned.es/portal/page?\\_pageid=93,69882142&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.uned.es/portal/page?_pageid=93,69882142&_dad=portal&_schema=PORTAL)
- Wage Indicator Foundation. (2020). *tusalario*. Obtenido de <https://tusalario.es/>
- Wikipedia. (2019). *wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Arte\\_marcial&action=history](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Arte_marcial&action=history)
- Wikipedia. (Septiembre de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de [https://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_and\\_soft\\_techniques](https://en.wikipedia.org/wiki/Hard_and_soft_techniques)
- Wikipedia. (16 de Marzo de 2020). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Estilos\\_de\\_karate](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Estilos_de_karate)

Xiaowei Zhou, S. L. (2018). *Cornell University*. Obtenido de <https://arxiv.org/abs/1804.06112>

## Anexos

### Anexo I. Planificación y desarrollo de tareas

Tal y como se presentó en el Anteproyecto, la estimación de duración para el PFG es de 6 meses a media jornada. El PFG son 18 créditos ECTS (450 horas), lo que viene a ser alrededor de 3 meses de trabajo a jornada completa (8h). Por razones laborales, la dedicación al mismo sólo podrá ser de la mitad de las horas (4 horas/día). Es decir, empezando en noviembre estaría acabado en abril-mayo. Al no tener un horario fijo, la estimación y distribución en meses será de alrededor de 6.

A continuación, presento la tabla de estimación de proceso (distribución de esfuerzo para las actividades del proceso de desarrollo)

Análisis y Desarrollo	Codificación	Pruebas	TOTAL
3 pm	2 pm	3 pm	8 pm
40%	20%	40%	100%

Tabla 26. Estimación de esfuerzo

El calendario estimativo planteado en el Anteproyecto es el siguiente.

	2019			2020				
	O	N	D	E	F	M	A	M
<b>A1 – Análisis y Diseño</b>								
T1.1 Análisis Entorno Tecnológico								
T1.2 Especificación de Requisitos								
T1.3 Diseño del Hardware y del Software								
<b>A2 - Codificación</b>								
T2.1 Desarrollo del Sistema <i>Kumitrón</i>								
<b>A3 - Pruebas</b>								
T3.1 Criterios de pruebas de Validación								
T3.2 Realización de las Pruebas con Usuarios								
T 3.3 Obtener conclusiones y divulgar resultados								

Tabla 27. Calendario

Las actividades no son 100% lineales, por eso al final de cada una ya se inicia a trabajar sobre la siguiente para que el proyecto sea eficiente y las fases estén bien relacionadas una con otra, tal y como se describió en el apartado 1.2.1 Modelo general del proceso. En dicho punto se explicaba que el proyecto se realizaría con un proceso en cascada con enfoque AGIL. Para que el desarrollo se desarrolle un feedback continuo del trabajo que se está realizando entre los diferentes agentes implicados en el proyecto (alumno, directora, usuarios...). Y este ha sido el pilar del trabajo del PFG, al estilo de un modelo DAS.

Para el seguimiento del desarrollo del proyecto se ha desarrollado un diagrama de Gantt, que verifique las fechas iniciales y finales reales del proyecto. Además, hay una plantilla Checklist que hace el seguimiento de las actividades con las observaciones pertinentes de cada una.

A continuación se muestra la ejecución real de las diferentes fases planificadas en el PFG.

CHECKLIST DE ACTIVIDADES					
ACTIVIDAD	FechaInicio	FechaFin	Estado	Observaciones	
<b>A1 – Análisis y Diseño</b>	01/11/2019	15/03/2020	Finalizado		
T1.1 Análisis Entorno Tecnológico	01/11/2019	03/12/2019	Finalizado	<p>Se realiza correctamente tal y como planificado en fechas, el estudio de campo referente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología existente actualmente para la detección y monitorización de movimientos, parámetros vitales... relacionados con el Karate.</li> <li>- Análisis de los diferentes sensores existentes en el mercado.</li> <li>- Elección de los sensores más adecuados para el proyecto.</li> <li>- Análisis de patentes disponibles en el mercado.</li> </ul>	
T1.2 Especificación de Requisitos	25/11/2019	05/02/2020	Finalizado	<p>Se trabaja sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de Requisitos, y definición de elementos de hardware y software necesarios.</li> <li>- Diseño, envío y análisis de cuestionarios a usuarios (karatekas: maestros y alumnos)</li> <li>- Se diseñan los diferentes diagramas UML del Proyecto.</li> </ul> <p><b>PROBLEMAS<sup>2</sup></b></p> <p><b>Se genera retraso en la elección de los elementos de hardware. Para satisfacer los requisitos funcionales, se añade un sistema de comunicación y se cambia el hardware de sensores, introduciendo tecnología Arduino.</b></p>	
T1.3 Diseño del Hardware y del Software	20/01/2020	15/03/2020	Finalizado	<p>Se realizan correctamente, acabando en fecha pese haber empezado con retraso:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se depuran los Requisitos del sistema.</li> <li>- Se finalizan y depuran los diseños UML de la aplicación.</li> <li>- Se hace el acopio de materiales de hardware y de software.</li> <li>- Se diseña el modelo de datos, la interfaz de comunicación genérica, la interfaz gráfica, y la configuración de los algoritmos de Aprendizaje Automático.</li> <li>- Se inicia el proceso con la OTRI para la solicitud de la patente.</li> </ul>	
<b>A2 - Codificación</b>	25/02/2020	30/04/2020	Finalizado		
T2.1 Desarrollo del Sistema Kumitrón	25/02/2020	30/04/2020	Finalizado	<p>Se realiza el montaje y programación del sistema y los diferentes clientes. No ha habido problemas reseñables:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cliente1. Aplicación entrenamiento: Programada en Java y Arduino.</li> <li>- Cliente2. Aplicación Alumnos Karate: programada en Bootstrap y PostGreSQL.</li> <li>- Cliente3. Aplicación Maestro Karate: programada en Bootstrap y PostgreSQL.</li> </ul>	

Tabla 28. Checklist

<sup>2</sup> El texto en rojo indica que no se han cumplido los plazos previstos.

CHECKLIST DE ACTIVIDADES					
ACTIVIDAD	FechaInicio	FechaFin	Estado	Observaciones	
A3 - Pruebas	20/04/2020	20/06/2020	Finalizado		
T3.1 Criterios de pruebas de Validación	20/04/2020	15/05/2020	Finalizado	<p>Se definen las pruebas a realizar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se definen el tipo de pruebas, y los actores que las realizarán.</li> <li>- Se prepara un calendario de pruebas, coordinando las fechas con los actores que deban participar.</li> </ul>	
T3.2 Realización de las Pruebas con Usuarios	10/05/2020	30/05/2020	Finalizado	<p>Trabajo de campo con las pruebas con usuarios Finales y expertos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pruebas de Unidad, de integración, de validación y de sistema.</li> <li>- Se analizan resultados y se aplican medidas correctoras.</li> </ul> <p><b>-EL COVID HA MARCADO QUE NO SE HAYAN PODIDO HACER PRUEBAS REALES CON USUARIOS FINALES.<sup>3</sup></b></p>	
T 3.3 Obtener conclusiones y divulgar resultados	25/05/2020	20/06/2020	Finalizado	<p>Análisis de las pruebas ejecutadas, y comprobación del perfecto funcionamiento del sistema.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollo de conclusiones</li> <li>- Solicitud de patente.</li> <li>- Continuar con el desarrollo a través del Máster para realizar investigación.</li> <li>- Estudiar la comercialización del Sistema a través de Idavinci.</li> <li>- Divulgación de resultados en publicaciones científicas.</li> </ul>	

Tabla 29. Checklist (cont.)

<sup>3</sup> El texto en rojo indica que ha habido problemas con los plazos previstos.

ACTIVIDAD	FechaInício	DuraciónDías	FechaFin
T1.1 Análisis Entorno Tecnológico	01/11/2019	32	03/12/2019
T1.2 Especificación de Requisitos	25/11/2019	69	05/02/2020 <sup>4</sup>
T1.3 Diseño del Hardware y del Software	20/01/2020	42	15/03/2020
T2.1 Desarrollo del Sistema Kumitrón	25/02/2020	38	30/04/2020
T3.1 Criterios de pruebas de Validación	20/04/2020	25	15/05/2020
T3.2 Realización de las Pruebas con Usuarios	10/05/2020	20	30/05/2020
T3.2 Realización de las Pruebas con Usuarios	25/05/2020	26	05/06/2020

Tabla 30. Actividades

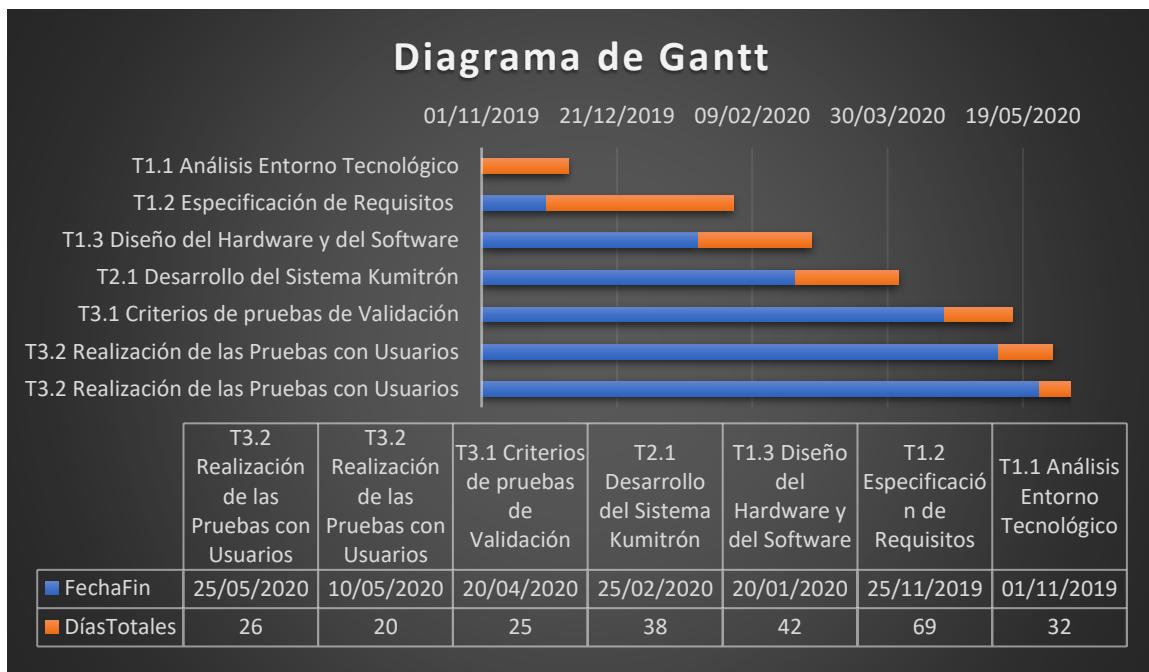


Tabla 31. Diagrama Gantt proyecto

<sup>4</sup> Texto en rojo porque no se han cumplido plazos



## Anexo II. Presupuesto

Para el cálculo del Presupuesto Total se van a analizar 3 partidas principales: El coste humano, el coste de material hardware y el coste del material Software.

### Coste de recursos humanos

El perfil demandado para la realización de este proyecto es la de una persona de carácter Freelance o Autónomo que tenga conocimiento de programación Web e Inteligencia Artificial. La duración del proyecto según planificado en el anteproyecto es de 450 horas totales. Esto a 40 horas semanales viene a ser casi 3 meses a tiempo completo.

El trabajador freelance deberá desarrollar 2 roles diferentes en la elaboración del proyecto: analista y programador. Por un lado, analista para:

- Identificar y analizar los procesos de negocio, procedimientos y prácticas de trabajo
- Consultar con los usuarios para formular y documentar sus necesidades y con los directivos para garantizar un acuerdo sobre los principios de los sistemas
- Coordinar y vincular los sistemas informáticos dentro de una organización para aumentar la compatibilidad
- Identificar y evaluar las deficiencias y recomendar prácticas de negocios óptimas, así como la funcionalidad el comportamiento del sistema
- Asumir la responsabilidad de la implementación de soluciones funcionales, como la creación, adopción y aplicación de planes de prueba del sistema
- Desarrollar especificaciones funcionales para el uso de los desarrolladores de sistemas
- Ampliar o modificar los sistemas para mejorar el flujo de trabajo o servir a propósitos nuevos

Y programador para:

- Escribir y mantener los registros de las instrucciones y especificaciones del código del programa en concordancia con los estándares de la calidad acreditada
- Reunir y redactar documentación del desarrollo del programa
- Revisar, reparar o ampliar los programas existentes para aumentar la eficiencia del funcionamiento o adaptarlos a las nuevas exigencias
- Identificar y comunicar problemas técnicos, procesos y soluciones
- Realizar pruebas de programas y aplicaciones de software para confirmar que producirán la información deseada.

Los salarios varían en función del rol del trabajador freelance, por lo que hay que desglosar los conceptos para un cálculo real del coste total. Además, hay que añadir el coste del rol de jefe de proyecto, que será realizado por la directora del PFG y profesora de la UNED, la Dra. Olga C. Santos, así como la consultoría aportada por la empresa Idavinci. El tiempo de dedicación de la directora del proyecto sobre el tiempo total es de un 30% extra sobre las 450 horas dedicadas por el alumno y la de consultoría, de un 5%. Los precios hora de cada rol se obtienen de la web tuSalario. (Wage Indicator Foundation, 2020)

La tabla de roles y tiempo para el proyecto es la siguiente:

Roles y tiempo dedicado			
ROL	% sobre tiempo total	Horas totales	Precio/hora
Jefe de proyecto	30%	135 horas	25€
Consultoría	5%	9 horas	25€
Analista	40%	180 horas	14€
Programador	60%	270 horas	10€

Tabla 32. Roles y tiempo dedicados

Mano de Obra	Horas Totales	Coste Unitario (€/hora)	Coste Total (€)
Jefe de proyectos	135	25	3.375€
Consultoría	9	25	225€
Analista	180	14	2.520€
Programador	270	10	2.700€

Tabla 33. Coste Mano de obra

### Coste material

Para el cálculo del material necesario, vamos a dividir entre 2 tipos de materiales: fungibles y e inventariable. Material inventariable es aquel cuya duración es superior a 1 años en relación con la actividad desarrollada. Según las tablas de amortización de la Agencia Tributaria, el desglose y plazos de amortización estimados son los incluidos en la Tabla siguiente (Agencia Tributaria, s.f.)

HARDWARE INVENTARIALE						
Elemento	Descripción	Nº	Tiempo Amortización	Tiempo de Uso	PVP	Coste Total
PC Sobremesa	PC en el que se diseña la aplicación	1	4 años	6 meses	Incluido en precio de contratación	0€
Laptop	Portátil para realizar las sesiones de entrenamiento. Portátil HP 15s-fq1032ns.	1	4 años	6 meses	549€	68,63€
Dron	DJI Tello	1	4 años	6 meses	159€	19,88€
Teléfono móvil	Xiaomi Redmi Note 8 RAM 4GB ROM 64GB Android 9.0	1	3 años	6 meses	158,99€	26,50€
<b>Coste Total</b>						<b>115,01€</b>

Tabla 34. Coste hardware inventariable

HARDWARE FUNGIBLE				
Chip giroscopio y acelerómetro	AZDelivery GY-521 MPU-6050 de 3 Ejes de giroscopio y Acelerador para Arduino		2	5,99€
Batería de Litio	Hootracker 3.7V 1800mah Lipo Battery 25C XH2.54		2	25,98€
Sensor de pulso cardíaco	MakerHawk Módulo de Sensor de Frecuencia Cardíaca, Sensor de Oxígeno de Sangre MAX30102		2	15,98€
Placa Arduino con WIFI	ARDUINO MKR WIFI 1010		2	66€
Micrófono Multimedia	Ewent EW3550		1	2,99€
Auriculares + Micro PC	Logitech H110 Auriculares con Cable		1	9,99€
Cable Adaptador	StarTech.com UUSBHAUB6IN		2	12,32€
Auriculares inalámbricos	MPOW Flame		2	64,76€
<b>Coste Total</b>				<b>204,01€</b>

Tabla 35. Coste hardware fungible

OTRO MATERIAL				
Elemento	Descripción	Cantidad	Coste Total	
Riñonera deportiva	AOBB Riñonera Cinturón	2	13,98€	
Pulsera ajustable	CAREOR - Pulsera Ajustable con Brazo y Tobillo	2	13,98€	
<b>Coste Total</b>			<b>27,96€</b>	

Tabla 36. Coste otro material

### Coste informático

El hecho de contratar un trabajador freelance o autónomo hace que las licencias estén incluidas en el precio de contratación. En caso de haber licencias especiales para el desarrollo del proyecto, habría la obligación de pagarlas.

El único software que el proyecto presente que haya que pagar por él, sería el Sistema Operativo asociado al laptop de la sesión de entrenamiento. El resto de software es libre sin coste alguno.

Licencia	Empresa	Cantidad	Precio Total
Windows 10 Home	Microsoft	1	Incluido en el precio del portátil

Tabla 37. Coste programas informáticos

## Importe del Proyecto

Coste de Recursos Humanos	8.820€
• Jefe de proyecto	3.375€
• Consultor	225€
• Analista	2.520€
• Programador	2.700€
Coste Material	346,98€
• Hardware Inventariable	115,01€
• Hardware Fungible	204,01€
• Otro Material	27,96€
Coste Software	0€
<i>Subtotal costes</i>	<b>9.166,98€</b>
Beneficio (20%)	1.833,40€
<i>Subtotal</i>	<b>11.000,38€</b>
IVA (21%)	2.310,07€
<b><i>Importe Total</i></b>	<b>13.310,46€</b>

Tabla 38. Importe del proyecto

El importe total del proyecto asciende a **TRECEMIL TRESCIENTOS DIEZ CON CUARENTA Y SEIS CENTIMOS.**



### Anexo III. Historia y contexto general de las artes marciales

El nombre de “Artes Marciales” es nuevo, se da en Oriente en el siglo XIV, pero el concepto data aproximadamente del año 2.100 antes de cristo en toda la región del extremo oriente: China, Japón y Corea.

En la Región Oriental, la mayoría de los países de esta zona han estado desarrollando sistemas de lucha cuerpo a cuerpo tanto para sus milicias profesionales como para la población que tenía que defender sus tierras y salir en conquista. Estos orígenes milenarios aún continúan intactos en países como China, Japón y Corea por la cultura y estilos de vida de estos países.

El arte marcial milenario en sus orígenes estaba compuesto por dos aspectos principales: el espiritual y el físico.

Las artes marciales han ido ganando adeptos los últimos 30 años, más si cabe con el boom de los campeonatos MMA. La UFC es un campeonato que mueve muchos millones de dólares y que tiene millones de adeptos tanto en USA como en el resto del mundo. De ahí que incluso grandes boxeadores como Floyd Mayweather hayan participado en este espectáculo de artes marciales. Grandes deportistas como Cristiano Ronaldo también han entrenado con campeones como Connor McGregor.

La UFC es una organización que realiza eventos de lucha con contacto, que durante muchos años estuvo prohibida por su brutalidad. Para poder ser legalizada tuvo que hacer concesiones y eliminar algunas técnicas que pudieran lesionar a los luchadores. Las raíces de este tipo de combates se remontan a los antiguos Juegos Olímpicos griegos, donde existían sistemas de combate más antiguos y documentados como el pancracio.

En España también la aceptación por las artes marciales es muy alta. De hecho, grandes campeones del mundo de la UFC han sido instructores en España como Fabricio Werdum. La gran familia Gracie, fundadora del estilo Brazilian Jiu Jitsu y grandes campeones, también tienen familiares instructores en nuestro país. Valencia tiene una de las academias más importantes de España y de Europa. La comunidad de artes marciales en España es amplia y está bien organizada y comunicada con cantidad de webs, revistas y foros.

Ya han pasado esos años en los que para poder practicar Brazilian Jiu Jitsu u otro estilo marcial para las MMA había que salir de España y viajar a USA o Brazil. Grandes Maestros de este país se vieron obligados a hacer las maletas y viajar a USA para entrenar con maestros como Royce Gracie, tal y como hizo Manu García el pionero del Vale Tudo en España. Eran los tiempos en blanco y negro de las artes marciales en España. Por suerte la comunidad marcial ha crecido exponencialmente, y la calidad de los instructores también.

Para entender los sistemas de artes marciales puros que se practican en la actualidad, habría que diferenciarlos según las siguientes características:

- Artes marciales puras
  - Con armas
  - Sin armas
    - Grappling
    - Golpeo (kickers)
      - Internos
      - Externos

Las artes marciales puras: Como artes marciales puras se entienden aquellas que están estructuradas bajo un fundador y tiene ya estructuradas sus técnicas en base a la estructuración originaria que se hizo del sistema. Son tradicionales porque respetan su origen y mantienen sus técnicas a través de la transmisión del sistema de generación en generación.

Artes marciales con armas: Aquellos estilos de combate que usan armas para el combate. Son numerosos y tiene su origen tanto en Occidente como en Oriente. Como estilos podríamos destacar:

- **Kobudo:** El arte del Kobudo, o Kobujutsu, designa el manejo de armas, pero se distingue de las artes marciales más clásicas al no utilizar ningún arma convencional, como la espada, la lanza o el arco. Originario de Okinawa.
- **Esgrima española:** Como deporte se origina en España con la famosa «espada ropera», es decir, arma que forma parte del vestuario o indumento caballeresco.
- **Kali Eskrima filipino:** El **Eskrima** también llamado **Kali** o arnis (dependiendo de la región de Filipinas en la que se practique). De ahí a que tengamos el “**Kali Filipino**”. Se puede practicar con armas como bastones de madera de unos 60- 70 cm de largo.

Artes marciales sin armas de Grappling: El grappling, traducido al castellano como "agarres", se refiere a todos aquellos sistemas de lucha cuerpo a cuerpo que no involucran golpes para vencer al rival, sino que se utilizan técnicas de derribo, de posición o sumisión para conseguir puntos o forzar su rendición.

- **Judo:** El Judo o camino de la gentileza / flexibilidad, fue creado por el maestro japonés Jigorō Kanō en 1882 conocido en ese entonces como Kano-Ryu-Jujutsu, y enriquecido por el maestro Kyuzo Mifune después de la muerte de Jigoro Kano donde Mifune le dio la mejor técnica y elegancia hasta el día de hoy como se conoce
- **Sambo:** El sambo es un arte original que proviene de Rusia y que significa “defensa propia sin armas”.
- **Brazilian Jiu Jitsu:** El BJJ es un arte marcial, deporte de combate, y un sistema de autodefensa que se centra en el agarre y especialmente en la lucha en el suelo. Originario de Brazil.
- **Lucha Grecorromana:** Lucha libre y/o Lucha grecorromana: para el trabajo de pelea cuerpo a cuerpo, contempla numerosos derribos y lanzamientos.

Artes marciales sin armas de golpeo: Primeramente, como introducción hacer referencia a la diferenciación general que se hace entre estilos internos y externos. Esta es una diferenciación que se hace en China de los diferentes estilos que existían, y que principalmente se basa entre estilos duros y suaves. Por artes marciales externas se entienden todas aquellas que tienen como primer objetivo el desarrollo del Qi a partir de los músculos para dirigirlo de éstos a los órganos internos. Mientras que en las internas el desarrollo del Qi se establece a partir de Tantien y se considera que la relajación es la base para que el Qi circule libremente. La finalidad de ambas es la misma, la expresión de la fuerza vital mediante el dominio del cuerpo energético. Las internas hacen hincapié en centrarse en la respiración para la correcta ejecución de los movimientos. Cabe decir también que actualmente muchos estilos considerados duros o externos han introducido las técnicas de los estilos internos para la relajación y mejora de su arte como por ejemplo el Karate en determinados estilos como el Shotokan. Los estilos de golpeo principales son los siguientes.

- **Muay Thai:** El muay thai es practicado por artistas marciales mixtos por ser ideal para el trabajo de golpeo y pateo, ya que se especializa en los golpes con los codos, rodillas y pies al tronco, cabeza y muslos del oponente. Originario de Tailandia.
- **El Boxeo:** Deporte de contacto de origen anglosajón donde únicamente se usan los puños en el combate.
- **Jeet Kune Do:** El Jeet kune Do es un método de combate creado por Bruce Lee en los años 60.
- **Taekwondo:** El taekwondo se basa fundamentalmente en artes marciales mucho más antiguas como el taekkyon coreano en la forma y realización de los golpes con el pie; aunque introduce algunas técnicas de golpeo del karate.
- **Kick Boxing:** El Kick Boxing, es un deporte de combate creado por el maestro japonés de karate kyokushinkai Osamu Noguchi, en el cual se utilizan los puños y las piernas. El Kick Boxing es ideal para iniciarse en el mundo de las MMA.
- **Karate:** Estilo marcial de golpeo japonés. Muy popular en los 80 por las películas de Bruce Lee. Actualmente posee un gran campeón que pudo llevar el Karate a lo más alto en las MMA como es Lyoto Machida.

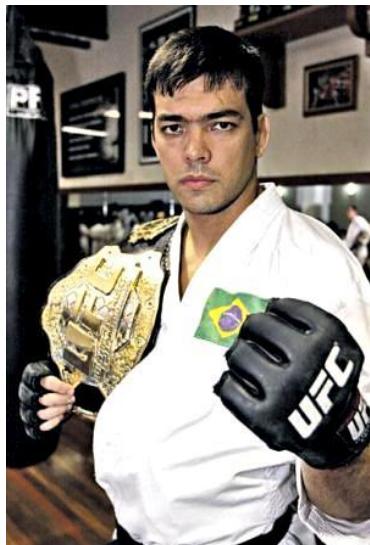


Ilustración 90. Lyoto Machida campeón de la UFC

El karate, designado oficialmente como Karate-do (camino de la palma vacía) es una de las artes marciales más reconocidas y difundidas a nivel mundial. Los orígenes sobre este estilo de combate datan del siglo XVI en las islas Ryūkyū, conocidas actualmente como Okinawa.

La primera escuela y estilo que se conoce es el Karate-do Shotokan, el cual fue creado por Gichin Funakoshi, en compañía de su hijo Yoshitaka Funakoshi, desde finales del siglo XIX a comienzos del siglo XX.

**En la actualidad existen 15 diferentes estilos de karate reconocidos, pese a esto se sigue prefiriendo la forma de combate de la escuela Shotokan**

#### Anexo IV. Patentes relacionadas con las artes marciales

A continuación, se presenta una tabla en donde se presentan de forma breve las patentes y propuestas de patente identificadas relacionadas con las artes marciales, aunque en principio la mayoría tienen poco que ver con el sistema KUMITRÓN. Básicamente la diferencia es que son artilugios fijos para poder mejorar atributos físicos o técnicas de combate de forma individual.

Referencia	Título	Descripción de lo que hace	Similitud con PFG
<b>U9401091</b> <a href="http://invenes.oepm.es/invenesWeb/detalle?referencia=U9401091">http://invenes.oepm.es/invenesWeb/detalle?referencia=U9401091</a>	Dispositivo de adiestramiento para artes marciales.	Un dispositivo para adiestramiento de artes marciales que también sirve para fortalecer dentro de cualquier tipo de práctica deportiva, por ejemplo, boxeo o incluso el rugby.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos.
<b>E15157072</b> <a href="http://invenes.oepm.es/invenesWeb/detalle?referencia=E15157072">http://invenes.oepm.es/invenesWeb/detalle?referencia=E15157072</a>	Dispositivo de entrenamiento de boxeo	Un circuito impreso que cuenta con sensores de aceleración para detectar los puñetazos recibidos por el saco de boxeo. El módulo proporciona retorno de información de audio al atleta. El retorno de información de audio es, por ejemplo, un gemido corto de baja intensidad o un gemido de mayor intensidad.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos.
<b>PCT/GB1990/000253</b> <a href="http://invenes.oepm.es/invenesWeb/detalle?referencia=PCT/GB1990/000253">http://invenes.oepm.es/invenesWeb/detalle?referencia=PCT/GB1990/000253</a>	Vestimenta para deportes de contacto	Un artículo de vestir (peto y casco) para uso en deportes de contacto que comprende una prenda base sobre la cual se sujetan uno o más dispositivos sensibles a la presión que producen una señal cuando son golpeados por un golpe recibido con una fuerza que es al menos igual a la fuerza umbral	<b>Poco.</b> Se trata de una equipación para el puntaje de competición.
<b>docId=JP268873825 &amp;_cid=P10-K69NKS-57956-1</b>	KARATE TRAINING TOOL	Herramienta de entrenamiento utilizada para entrenar karate, y más particularmente a una herramienta de entrenamiento adecuada para entrenar a un enemigo virtual solo. Mejora a los sacos de boxeo comerciales con un anclado robusto que evita que se el artilugio de balancee durante el golpeo.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos y de condicionamiento para el combate.
<b>docId=FR186938863 &amp; cid=P10-K69NKS-57956-1</b>	Dispositivo que sirve para señalizar automáticamente	Un dispositivo que sirve para informar automáticamente, mediante una transmisión de radio, los impactos durante una pelea de	<b>Medio.</b> Se trata de mejorar el sistema de

	te los golpes, mediante transmisión radioeléctrica, durante un kumite de karate	karate. El equipo de "identificación - emisión" consta cada uno de un soporte que consiste en un casco conectado a un plastrón por un cable eléctrico que comprende, doce contactores de identificación conectados por cableado eléctrico a un sistema de emisión, compuesto por sí mismo, un temporizador, un codificador digital, un transmisor y una antena flexible.	puntuación de kumite a través de sensores que emiten señales de radiofrecuencia para determinar si un punto es válido o no.
<b>docId=CN250128501 &amp;_cid=P10-K69NPE-59290-1</b>	Dispositivo de medición y control para entrenamiento de karate	Se mejora la eficiencia del entrenamiento, el esfuerzo de un objetivo en forma de baqueta y el esfuerzo de un objetivo de patada se miden a través de una celda de fuerza y un sensor de presión; La información de medición se transmite a un microordenador de un solo chip.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos de potencia.
<b>docId=CN199743645 &amp;_cid=P10-K69NPE-59290-1</b>	Sensor de velocidad de Karate	un dispositivo de medición de velocidad de karate, que se fija en una pared o en una base objetivo. Un sensor infrarrojo efectivo y un sensor infrarrojo de golpe dispuesto en la pared interna de la caja cerca de la parte que golpea; y un microcontrolador, que se instala en la caja y se usa para registrar y transmitir la información recopilada por la unidad del sensor, en donde el sensor efectivo se usa para la detección La información de desplazamiento del punzón durante el boxeo y el sensor de golpe se utilizan para detectar la información de desplazamiento de la parte que golpea.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos de potencia.
<b>docId=CN202725787 &amp; cid=P10-K69NPE-59290-1</b>	Dispositivo de objetivo de pie multifuncional que prueba la velocidad del karate	Un dispositivo de objetivo de pie de karate. la unidad de detección incluye un grupo de sensores infrarrojos efectivo y un grupo de sensores infrarrojos pesados; Y un microcontrolador para registrar y transmitir información recopilada por la unidad de detección.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos de potencia.
<b>US20120214647A1</b>	Martial arts training device (Dispositivo de	Un chaleco equipado con sensores de presión que emiten una señal de	<b>Medio.</b> Se trata de mejorar el

<a href="https://patents.google.com/patent/US20120214647A1/en">https://patents.google.com/patent/US20120214647A1/en</a>	entrenamiento de artes marciales)	ruido cuando se alcanza un umbral de presión durante el combate.	sistema de puntuación de kumite a través de sensores que emiten señales de radiofrecuencia para determinar si un punto es válido o no.
<b>US20170312576A1</b> <a href="https://patents.google.com/patent/US20170312576A1/en">https://patents.google.com/patent/US20170312576A1/en</a>	Wearable Physiological Sensor System for Training and Therapeutic Purposes (Sistema de sensor fisiológico ponible para fines de entrenamiento y terapéuticos)	Sistema portátil y métodos para analizar exhaustivamente la actividad física de un usuario con fines de entrenamiento y / o terapéuticos, mediante el análisis de múltiples canales de datos sobre la actividad muscular, utilizando electromiografía de superficie no invasiva (sEMG) y el movimiento asociado de esa actividad muscular, utilizando Unidades de medida inercial (IMU).	<b>Poco.</b> Sistema para mejorar la actividad física.
<b>US7406386B2</b> <a href="https://patents.google.com/patent/US7406386B2/en">https://patents.google.com/patent/US7406386B2/en</a>	System and method for sensing and interpreting dynamic forces (Sistema y método para detectar e interpretar fuerzas dinámicas.)	La presente invención se refiere a un sistema de detección que es capaz de discriminar tipos de causas de cambio de cargas en una superficie, como el tipo de movimiento de un sujeto humano. El sistema tiene una amplia gama de aplicaciones que incluyen el rendimiento deportivo (por ejemplo, análisis de swing de palos de golf). El sistema comprende una superficie de carga deformable, una pluralidad de sensores mutuamente espaciados, un procesador y una salida. Los sensores se acoplan a través de la respuesta de deformación de la superficie a una carga aplicada para recibir datos sensoriales locales de la superficie	<b>Poco.</b> Dispositivo que analiza y detecta las cargas de fuerza sobre una superficie.
<b>US20110172060A1</b>	Interactive systems and methods for reactive martial	Para lograr lo anterior y de acuerdo con la presente invención, un sistema de entrenamiento computarizado de artes marciales,	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento

<a href="https://patents.google.com/patent/US20110172060A1/en">https://patents.google.com/patent/US20110172060A1/en</a>	arts fitness training (Sistemas y métodos interactivos para la aptitud de las artes marciales reactivas formación)	el método proporciona múltiples funciones personalizables de entrenamiento de artes marciales para usuarios con capacidad de redes sociales. En una realización, la estación de entrenamiento de artes marciales incluye un objetivo de impacto con uno o más sensores de impacto de medición de datos de rendimiento del entrenamiento, como posición, dirección, tiempo, velocidad y fuerza de los impactos generados por un usuario. La estación de entrenamiento también incluye una aplicación de entrenador reactivo que proporciona una rutina de ejercicios para el usuario, recibe los datos de rendimiento del entrenamiento y modifica reactivamente la rutina de entrenamiento basada en los datos de entrenamiento recibidos. La aplicación de entrenador reactivo también da comentarios motivacionales.	individual de atributos físicos de potencia.
<b>US 2005/0209066A1</b>  <a href="https://patents.google.com/patent/US20050209066A1/en">https://patents.google.com/patent/US20050209066A1/en</a>	Martial arts exercise device and method (Dispositivo y método de ejercicio de artes marciales)	Se incluye un dispositivo de ejercicio de artes marciales controlado por voz de objetivos para que el usuario ataque con las manos, los pies, los codos o las rodillas. Un sistema de procesador está conectado para reconocer la voz y comandos del usuario y para detectar cuándo un objetivo ha sido golpeado y también controla una pantalla visual pixelada y sistema de audio. Estos elementos se utilizan para proporcionar una entrada variada de juegos y simulacros desafiantes con que el usuario puede interactuar por comandos de voz y golpeando los objetivos.	<b>Poco.</b> Se trata de un artilugio fijo para entrenamiento individual de atributos físicos de potencia. Incluye sistema de voz para motivar al alumno.

Tabla 39. Patentes relacionadas con las artes marciales



## Anexo V. Ficha de control

Extracto de la hoja de cálculo que se usa para iniciar una sesión de entrenamiento.

KIT ARDUINO	
	<b>¿Bien conectado?</b>
Cableado	
	<b>¿Bien atada?</b>
Pulsera	
	<b>¿Bien atada?</b>
Riñonera	
	<b>¿Conecta WIFI?</b>
Placa Arduino	
	<b>¿Valores correctos?</b>
Acelerómetro	
Giroscopio	
Pulsímetro	
Termómetro	

DRON	
	<b>¿Está cargada?</b>
Batería	
	<b>¿Emite vídeo?</b>
Imagen	

Sistema de Voz	
	<b>¿Recibe/Envía?</b>
Micrófono	
Auriculares	

Tabla 40. Ficha de control de hardware para entrenamiento

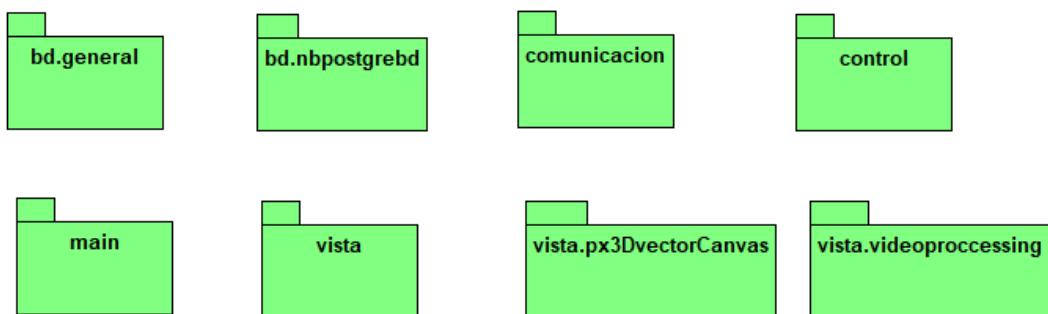


## Anexo VI. Diagramas de Clases

En este anexo se ponen todos los diagramas de clases de Kumitrón. Se presentan por módulos, y cada módulo tiene diferentes paquetes de los cuales se hacen los diagramas.

Se presentan los diagramas de clases del programa al completo. En la memoria sólo se han puesto los más representativos.

### Módulo Entrenamiento



*Ilustración 91. Diagrama de paquetes de clases de módulo de entrenamiento*

### Módulo Web



*Ilustración 92. Diagramas de paquetes de clases de módulo web*

## Módulo de entrenamiento

Los paquetes bd.general y bd.nbpostgresql hacen referencia a la base de datos y la información que se guarda.

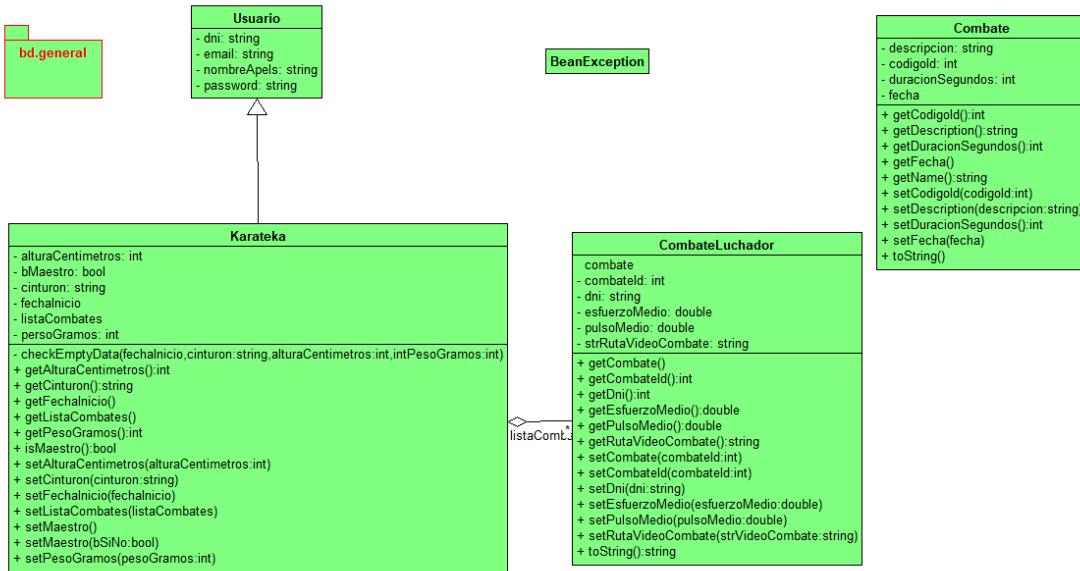


Ilustración 93. Diagrama de clases paquete bd.general



Ilustración 94. Diagrama de clase de paquete bd.nbpostgrebd

El paquete de comunicación, donde se reciben las señales de los karatecas.

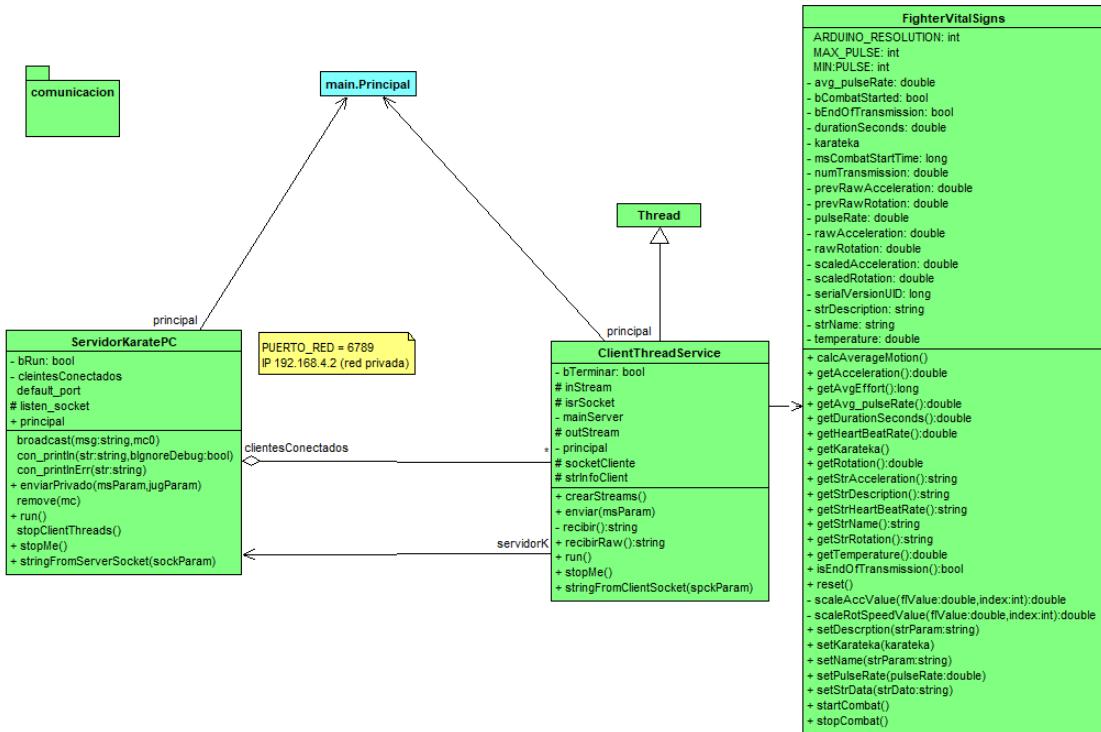


Ilustración 95. Diagrama de clases de paquete comunicación

Paquete de clases auxiliar.

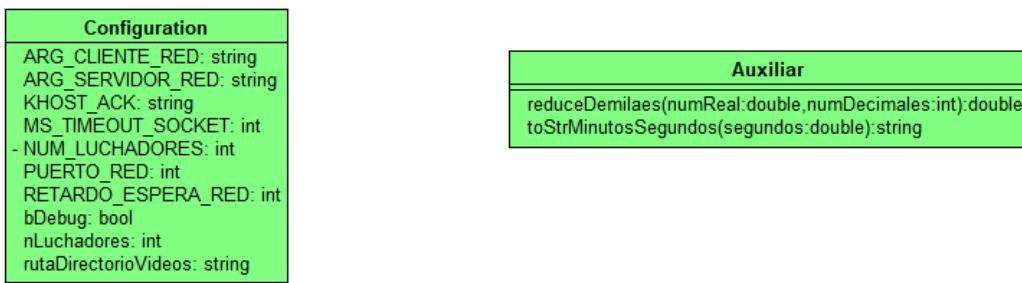


Ilustración 96. Diagrama de clases de paquete class.control

La clase principal es la clase main, desde donde se controla la aplicación.

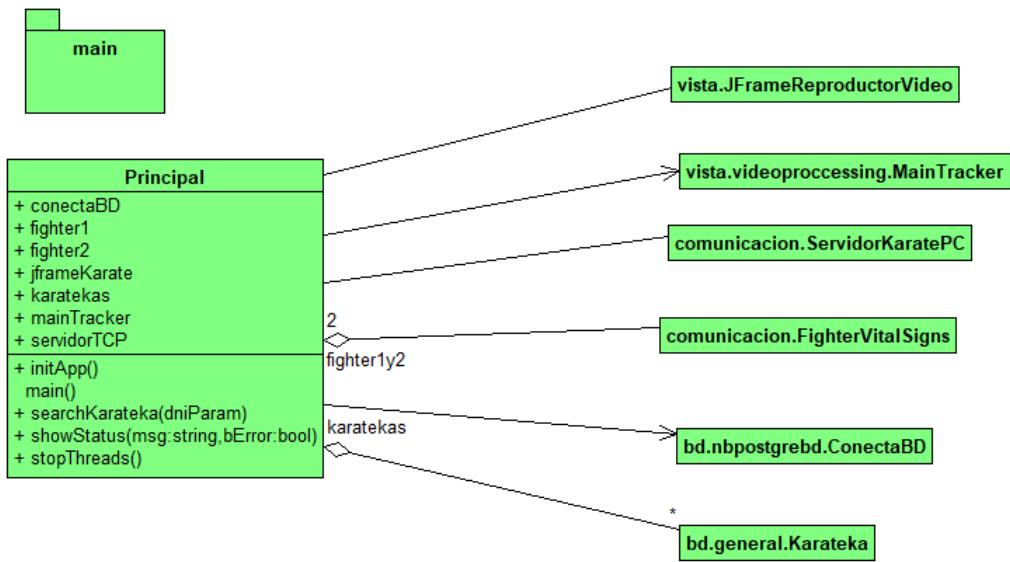


Ilustración 97. Diagrama de clases de paquete main

El paquete de vista trabaja la parte de vídeo de la aplicación.



Ilustración 98. Diagrama de clases de paquete Vista

El continuo paquete vista.px3DvectorCanvas trabaja el vector de movimiento en 3D que muestra la aplicación.

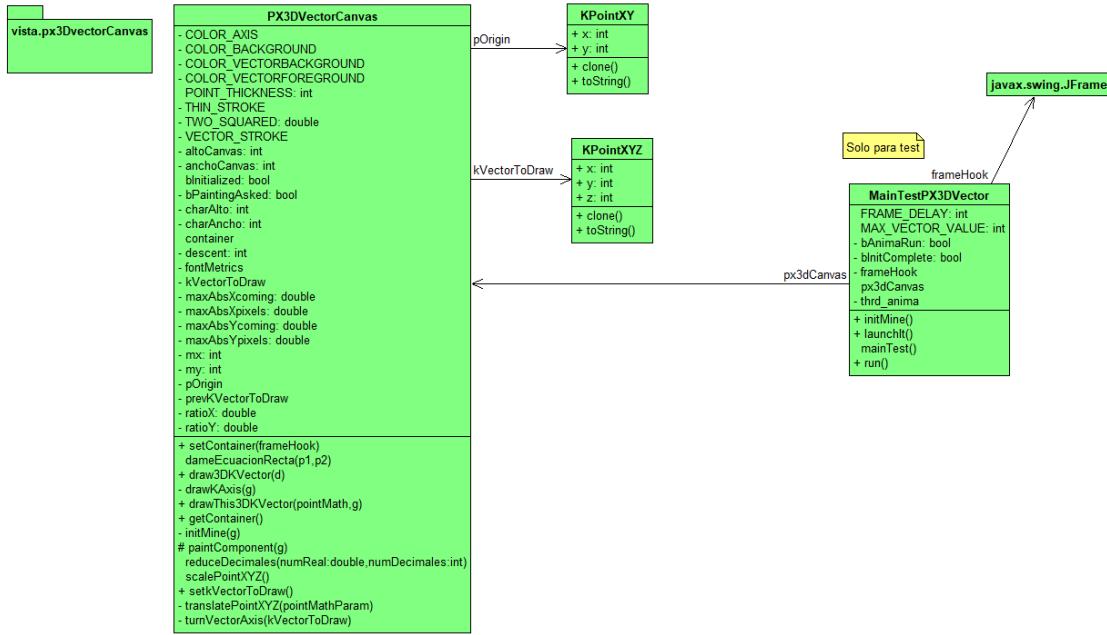


Ilustración 99. Diagrama de clases paquete vista.px3DvectorCanvas

El paquete de procesamiento de vídeo trabaja la parte de vídeo de la aplicación.

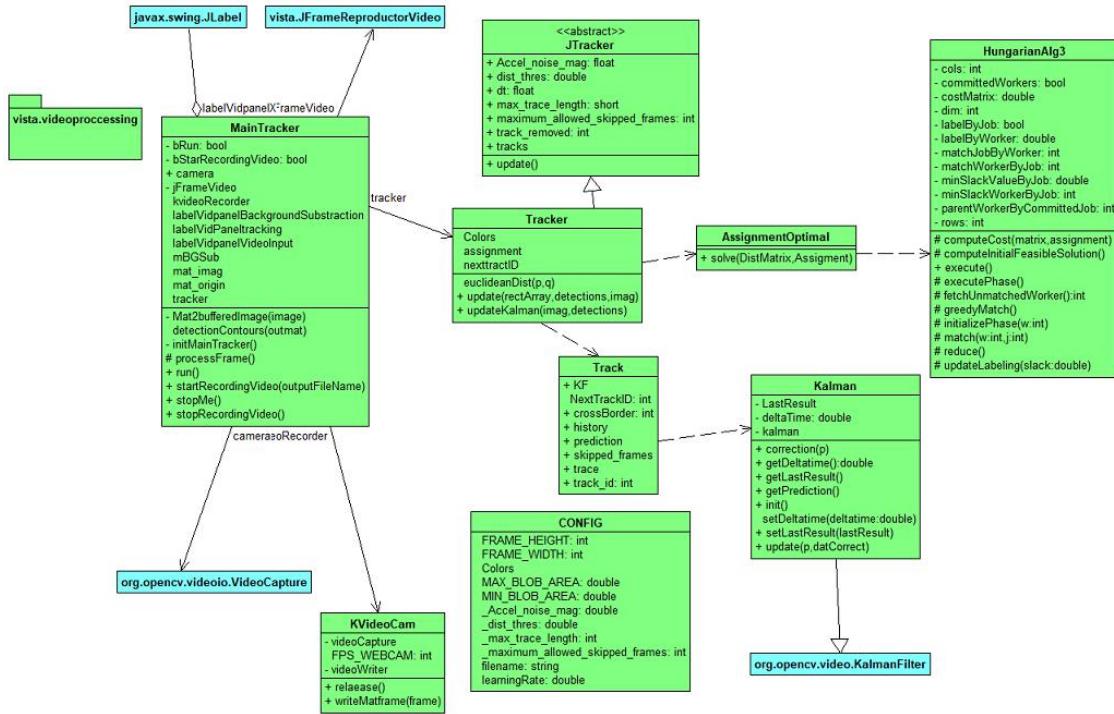


Ilustración 100. Diagrama de clases pquete vista.videoprocessing

## Módulo web

Paquete principal presenta la arquitectura web a través de los .jsp de java. El diseño de los .jsp:

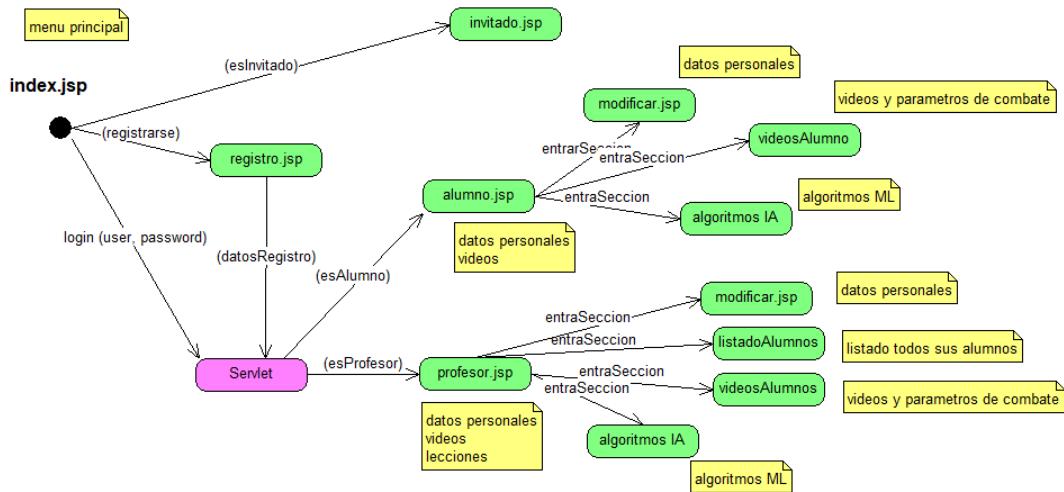


Ilustración 101. Diagrama web de .jsp

El paquete de acciones servlets controla las diferentes acciones que se realizan en la web, es la parte del controlador.

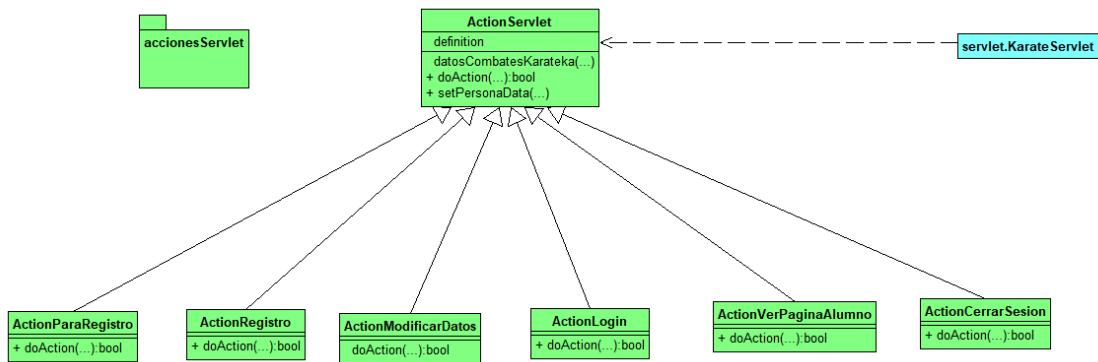


Ilustración 102. Diagrama de clases paquete accionesServlet

Paquete servlet, auxiliar de ActionServlet.

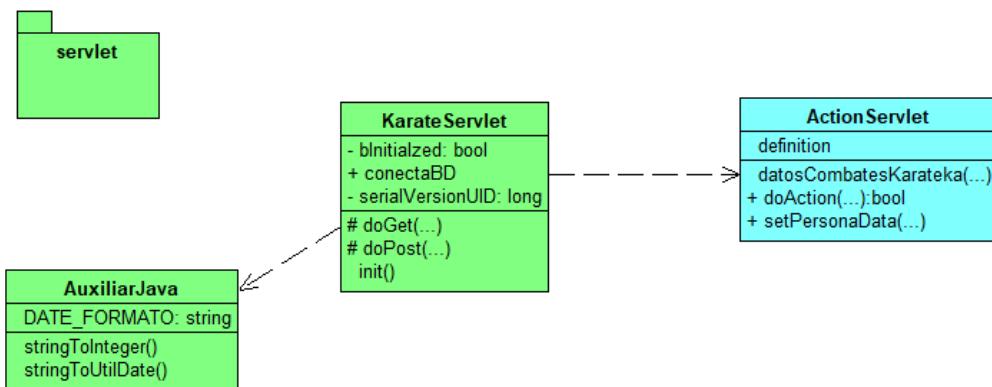


Ilustración 103. Diagrama de clases paquete servlet



## Anexo VII. Control de Versiones

El programa desde un inicio ha contado con una carpeta que ha hecho de repositorio y se han ido almacenando los incrementos importantes que se han ido haciendo de programación.

El proyecto se realizaría con un proceso en cascada con enfoque AGIL. Se ha buscado la comunicación continua y fluida entre las diferentes partes y agentes relacionadas con el proyecto. El feedback entre partes ha sido el pilar del PFG, de forma como se trabaja en el modelo ágil DAS.

La cronología de las versiones es la siguiente:

### Parte Aplicación Java

- La versión **0** se inicia el 25/02/2020.
- Las versiones **1 y 2** se resuelven pronto, ya que el chip ESP8266 da problemas de comunicación y se decide cambiar a placa MKR101 de Arduino con chip incorporado. (8/03/2020)
- Las versiones **3 y 4**, de pruebas de comunicación TCP y UDP de la placa con la aplicación se finalizan el 15/03/2020. Se descarta la conexión UDP.
- Las versiones **5 y 6** mejoran el acceso WIFI a través de red privada. Se finaliza el 24/03/2020.
- La versión final de la aplicación java con la conexión a Arduino, finaliza 30/03/2020.
- La programación en Java, se desarrolla en paralelo al montaje de todo el dispositivo Arduino y finaliza el 5/04/2020.

### Kumitron web

- Aunque para la parte web no he hecho versiones del programa, cabría destacar la conexión de la parte web con la BBDD de Kumitron que se realiza el 10/04/2020. La aplicación finaliza el 30/04/2020.

Aunque acabará en una fecha, se ha ido depurando el código continuamente y haciendo pequeñas modificaciones.

#### 0. Sistema Arduino (código C) <---> host (código java)

##### 1. Versión TCP Arduino1 y chip Wifi ESP8266

###### Modulo java:

- Comandos AT básicos
- Pruebas como servidor de chat

###### Observaciones:

- La comunicación es correcta
- Los comandos AT son lentos

##### 2. Versión UDP Arduino1 y chip Wifi ESP8266

###### Modulo java:

- Comandos AT básicos
- Pruebas como servidor de chat UDP

###### Observaciones:

- La comunicación es correcta
- Los comandos AT son incluso más lentos que con TCP
- Se decide cambiar el módulo wifi por la placa MKR101

### **3. Versión TCP placa Arduino MKR101 con Wifi incorporado TCP**

- Librerías Wifi-mejoradas para este modelo. Objetos 'WiFiClient'.

#### **Modulo java:**

- Pruebas como servidor de chat TCP

#### **Observaciones:**

- La comunicación es correcta y claramente más rápida

### **4. Versión TCP placa Arduino MKR101 con Wifi incorporado UDP**

- Librería Wifi UDP. Objeto 'WiFiUDP'

#### **Modulo java:**

- Pruebas como servidor de chat UDP

#### **Observaciones:**

- La comunicación vuelve a ser lenta. Así se
- Se descarta definitivamente udp.

### **5. Versión TCP placa Arduino MKR101 con Wifi incorporado TCP**

- Acceso a red Wifi externa
- Se incluye código mejorado que permite el acceso a cualquier wifi con nombre SSID y password

### **6. Versión TCP placa Arduino MKR101 con Wifi incorporado TCP**

- Acceso a red Wifi externa
- Punto de acceso (red Wifi privada)
- Además del código para wifi externa, se incluye la funcionalidad como punto de acceso (red wifi-privada)

### **7. Versión TCP placa Arduino MKR101 con Wifi incorporado TCP**

- Acceso a red Wifi externa
- Punto de acceso (red Wifi privada)
- Ajuste del código los sensores (bucles de lectura)

#### **Modulo java y Arduino:**

- Puesta a punto de transmisión y recepción de datos de los sensores MPU6050 (aceleración), y MAX30105 (pulso)

#### **Modulo java:**

- Código que permite visualizar un vector 3D con los datos de aceleración (ax, ay, az)
- Código básico para la grabación de los datos de los combates

#### **8. Versión Web (servidor apache 'KUMITRÓN')**

- **Base de datos PostgreSQL 'KUMITRÓN'**
- **Acceso a red Wifi externa**
- **Punto de acceso (red Wifi privada)**
- **Ajuste del código los sensores (bucles de lectura)**
- **Mejoras en la conexión de red (búsqueda del host TCP)**
- **Código alternativo de búsqueda para encontrar el servidor TCP host.**

##### **Modulo java:**

- **Grabación de video del combate.**
- **Acceso a la base de datos y grabación de los combates**

##### **Modulo Web (jsp):**

- **Servicio Web para Karatekas alumnos y maestros**
- **Acceso a la base de datos con los combates grabados**



## Anexo VIII. Manual de usuario

### Módulo Entrenamiento

#### 1. Iniciar Módulo

Para iniciar la aplicación Kumitrón, habrá de tener el programa instalado en el ordenador. El programa dispone de un ícono de acceso directo sobre el cual hacer doble-clic para iniciar el programa.

#### 2. Conectar sensores con aplicación

El kit Arduino debe de ser equipado por los karatekas que van a realizar el kumite. Para un correcto equipamiento, se debe de seguir las indicaciones de la Ficha de control del Anexo V.

Por otro lado, al pinchar el en el ícono de la aplicación se abre la siguiente ventana:

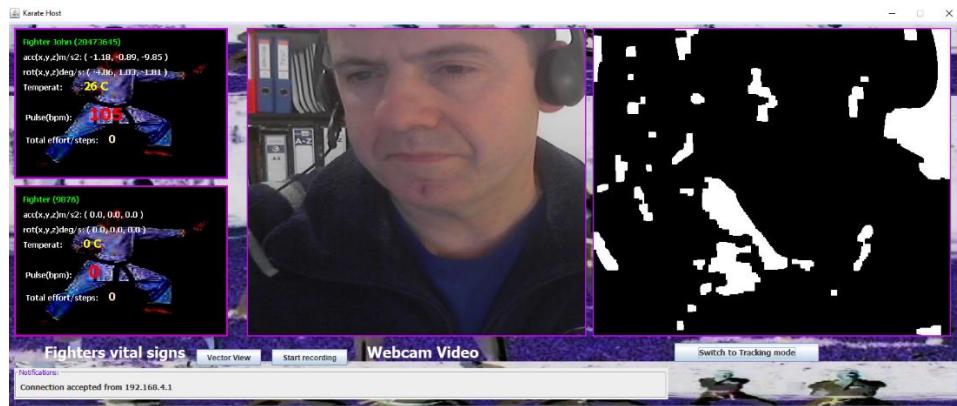


Ilustración 104. Aplicación entrenamiento Kumitrón

La conexión con el hardware de comunicación se hace de forma automática-

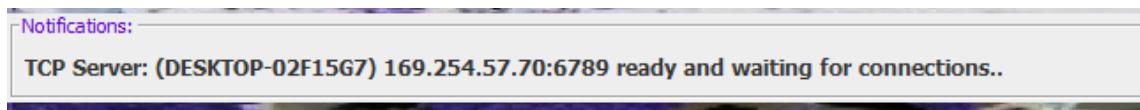


Ilustración 105. Notificación de conexión TCP placa de Arduino con la aplicación

#### 3. Seleccionar luchadores

Para seleccionar los luchadores de kumite, se tiene que pulsar sobre las ventanas de luchadores de la parte izquierda del panel tal y como se representa en la siguiente imagen.

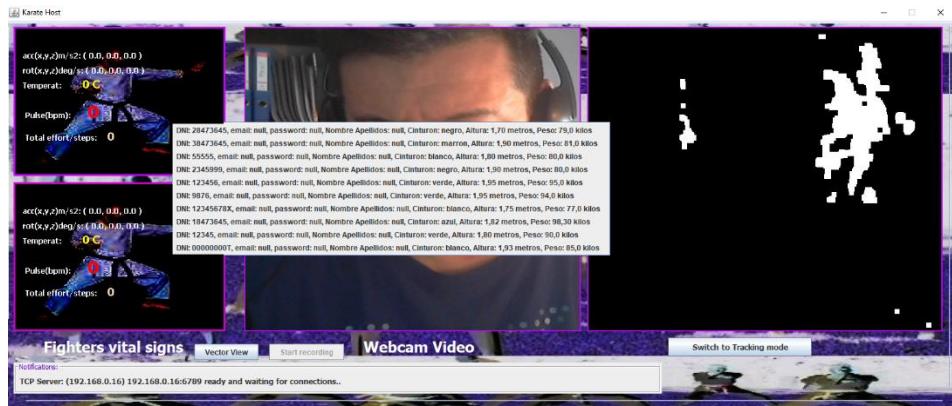


Ilustración 106. Mensaje de selección de karateka del listado

Así se abre el listado de los karatekas registrados, y se selecciona el luchador que va a desarrollar el kumite.

#### 4. Iniciar entrenamiento

Para iniciar la grabación de movimientos y de datos sensoriales e inerciales, se debe pulsar el botón de la parte inferior “Start Recording”.

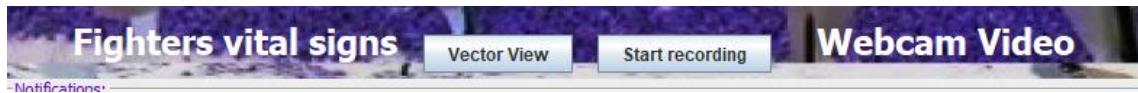


Ilustración 107. Botón Start Recording para inicio de sesión entrenamiento

#### 5. Detener y grabar entrenamiento

Para detener la grabación se deberá pulsar el mismo botón, pero en este caso que pone “Stop Recording”.

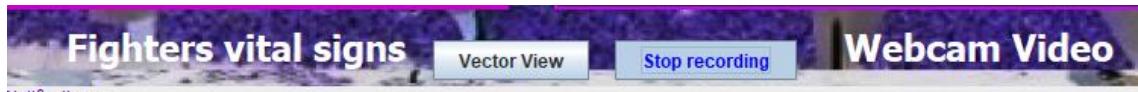


Ilustración 108. Botón Stop recording para finalizar sesión

Una vez pulsado este botón, la aplicación guardará en la base de datos el vídeo y los datos medios de la sesión monitorizada.

#### 6. Vector de visualización de movimiento

Se ha diseñado un vector de visualización de movimiento que nos muestra gráficamente la direccionalidad del movimiento de los luchadores. Este vector se obtiene pulsando el botón “Vector View”.

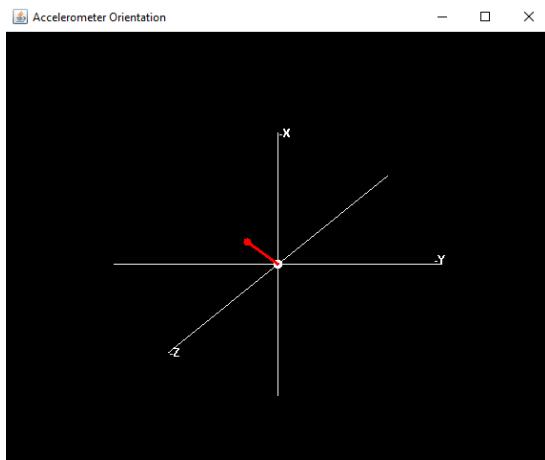


Ilustración 109. Vector de módulo y dirección del acelerómetro y giroscopio

## 7. Filtros imagen

Para el tratamiento de imagen se han aplicado filtros de JavaCV en la parte derecha de la aplicación. Por defecto existen 2 filtros preinstalados:

- Tracking Mode: identifica con puntos los objetos en movimiento.
- Motion Detection: Detecta el movimiento a través de una nube blanca.

Son dos filtros de detección de movimientos, para el análisis de la acción de los karatecas. Además de estos, pueden añadirse nuevos o cambiarse por otros según elección del Maestro.

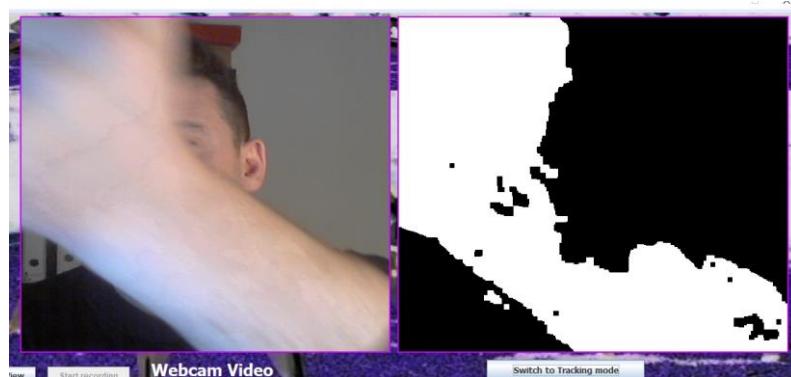


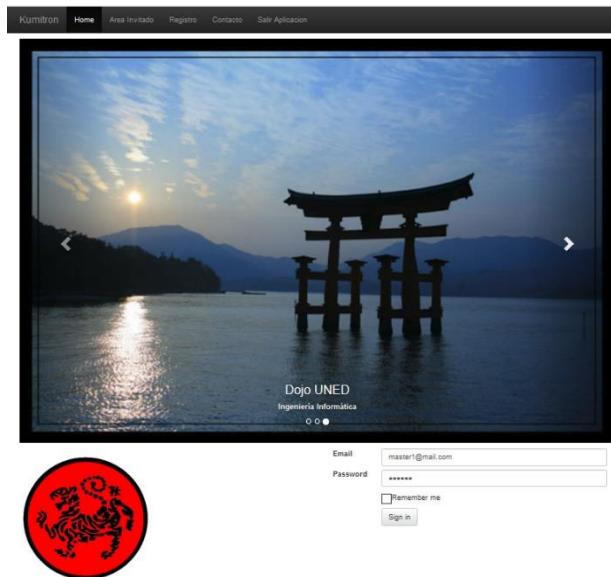
Ilustración 110. Filtro vídeo JavaCV Motion Detection

## Módulo WEB

### 1. Conexión a la aplicación

Para conectarse a la aplicación, habrá que ir a la web [www.KUMITRÓN.es](http://www.KUMITRÓN.es) que es la página que **está previsto** sea de entrada al módulo de visualización de datos.

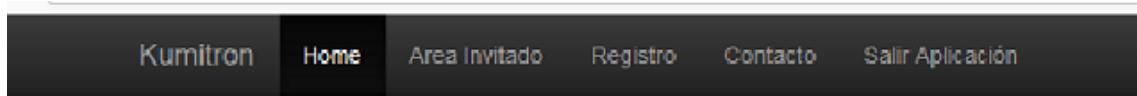
### 2. Página principal



*Ilustración 111. Página principal web Kumitrón*

En la página principal podemos observar una barra superior con diferentes opciones, y un pequeño formulario de logging en la parte inferior derecha.

### 3. Menú superior



*Ilustración 112. Panel navegación superior web Kumitrón*

**Home:** La opción Home del menú nos llevará a la parte superior de la aplicación, aunque estemos en la parte más inferior de la misma.

**Área Invitado:** La aplicación nos redirecciona a un área especial para invitados que no está registrados en el sistema.

**Registro:** La aplicación nos lleva a un formulario de alta en el sistema.

**Contacto:** La aplicación abre el mail del aparato para poder comunicarse con el mail del administrador.

**Salir de la Aplicación:** Pinchando en esta opción el sistema nos redirecciona a la web de Google.

### 4. Logging

Un usuario registrado puede loggearse a través de este pequeño formulario. El sistema reconocerá si está registrado, y le redireccionará a su área de Maestro o Alumno según el caso. En caso de no estar registrado, le saldrá un aviso de Usuario no Registrado.

The form consists of several input fields and buttons. At the top left is a label 'Email' followed by a text input field containing 'pepe@mail.com'. Below it is a label 'Password' followed by a text input field containing '\*\*\*\*\*'. To the right of the password field is a small checkbox labeled 'Remember me'. At the bottom right is a button labeled 'Sign in'.

*Ilustración 113. Formulario de logging para usuarios registrados web Kumitrón*

## 5. Registro

A esta área se accede a través del Menú de navegación superior, y se trata de un formulario con los siguientes campos.

### Formulario de Alta

The form has several input fields. At the top left are labels 'NombreApellidos' (with placeholder 'Enter complete name'), 'DNI' (with placeholder 'Enter last name'), 'Password' (with placeholder 'Enter Password'), and 'Email' (with placeholder 'Email'). Below these is a section titled 'Tipo de Usuario' with the instruction 'Selecciona el tipo de usuario que representa'. It contains two radio buttons: 'Alumno' and 'Maestro'. Further down are fields for 'Altura(cm)' (placeholder 'Enter altura'), 'Cinturón' (placeholder 'Enter cinturon'), 'Fecha de inicio' (placeholder 'dd / mm / aaaa'), and 'Peso(gramos)' (placeholder 'Enter peso'). At the bottom are two buttons: 'Enviar' (Send) and 'Home'.

*Ilustración 114. Formulario registro web Kumitrón*

Los campos de: NombreApellidos, DNI, Password, Email, son obligatorios de llenar. Además, es obligatorio seleccionar la opción de Maestro o Alumno. El resto de los campos pueden llenarse aquí o en Área de datos personales que cada usuario dispondrá en su área personal. En la parte inferior se observan 2 botones, uno de “Enviar” los datos introducidos, y otro de “Home” o vuelta a la página principal.

## 6. Área Invitado

Es un área pública con información general y publicidad de las actividades de la asociación o Dojo en cuestión. Está orientado para nuevos clientes, familiares o amigos de los karatecas...

## 7. Área Alumno

Esta área dispone de 3 secciones diferentes con las siguientes opciones.



Ilustración 115. Secciones del Área Alumno web Kumitrón

En la sección de Datos Personales, el alumno puede actualizar sus datos de registro, y así poder tener siempre sus datos actualizados y sin errores.

En la sección de vídeos y datos de combate, el sistema le llevará a un listado de los vídeos que se le han graduado, junto a las medias de los datos de combate monitorizados en la sesión.

En la sección de Algoritmos IA, se han preparado las tablas para en el futuro trabajo de Máster, poder ir haciendo labor de campo y hacer uso de estas para aplicar los modelos de la inteligencia artificial al proyecto.

En la parte inferior izquierda a través del botón Home, el alumno pude volver a la página principal.

## 8. Área Maestro

Esta área dispone de 4 secciones diferentes con las siguientes opciones.

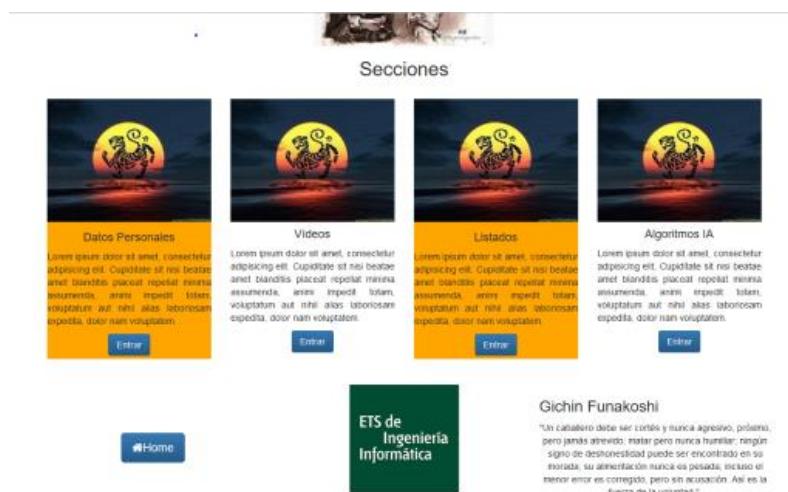


Ilustración 116. Secciones del Área Maestro web Kumitrón

Pinchando en el botón de la sección de Datos Personales, el Maestro puede actualizar sus datos de registro, y así poder tener siempre sus datos actualizados y sin errores. Para el desarrollo de la aplicación, se ha supuesto que los Maestros también son Karatekas, y al igual que los alumnos, pueden registrar sus datos de Karate en la aplicación.

A través del botón de la sección de Vídeos, el Maestro tiene acceso a todos los vídeos de sus alumnos.

A través del botón de Listado, se acceden a los listados de la aplicación:

- Listado de alumnos
- Listado de Combates
- Listado de datos de Combate
- ...

En la sección de Algoritmos IA, se han preparado las tablas para en el futuro trabajo de Máster, poder ir haciendo labor de campo y hacer uso de estas para aplicar los modelos de la inteligencia artificial al proyecto.

En la parte inferior izquierda a través del botón Home, el alumno pude volver a la página principal.

## Anexo XIX. Manual de Referencia

Se plantean aquellos aspectos críticos a tomar en cuenta por un nuevo programador a la hora de tener que comprender el diseño de producto realizado.

### Elementos Arduino

Programa para la placa MKR 1010: Última versión "KumitronArduino16\_exhibition.C".

#### \*Parámetros configurables:

Red Wifi privada o publica

- Nombre de la **red privada**, como "ELVIS\_NET"
  - Se puede crear un password (opcional)
  - IP del servidor TCP. Se recomienda (192,168,4,2)
- 

- Nombre de la **red pública**, como "MOVISTAR\_E4BD"
- Debe ser la red existente en el lugar del combate
- Password de la red publica
- Debe ser el de la red existente en el lugar del combate
- IP del servidor TCP en la intranet. Depende de puerta de enlace.

El puerto del servidor TCP en el host deberá ser el mismo en el servidor TCP

- Identificación del luchador fighterName = "<Fighter John>";
- Cada luchador debe tener un id único. Se recomienda el DNI

#### \*Carga del programa:

-Ejecutar el entorno de Arduino, y abrir el archivo \*.C (por ejemplo "KumitronArduino16\_exhibition.C"). Arduino lo reconocerá cambiando la extensión \*.C a \*.ino

-Se conecta la placa MKR 1010 a través del puerto USB al PC

- Elegir del menú (la versión empleada fue la 1.8.10)
- Sketch -> Verify/Compile para compilar el código y encontrar errores
- Sketch -> Upload para enviar el código a la placa
- Si la carga es correcta, el programa comenzara automáticamente

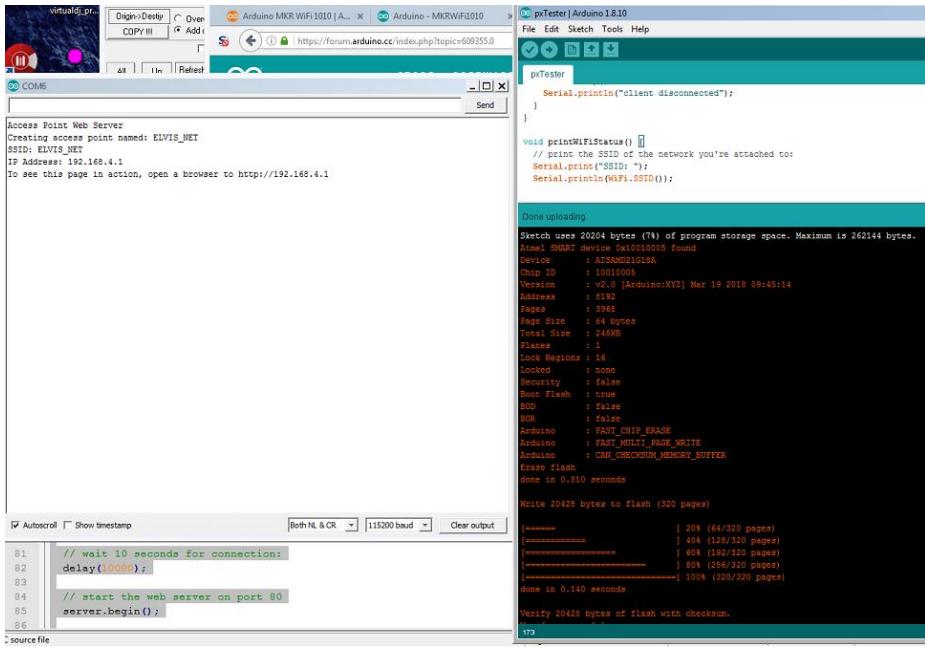


Ilustración 117. Vista del IDE Arduino cargando el programa

#### \*Sensores conectados a la placa MKR 1010

Ambas placas (sensores MPU6050 y MAX30105) van conectadas en paralelo al bus I2C (pines SCL,SDA) y alimentación a 5V.

Antes del combate, los sensores deberán estar conectados junto con la alimentación de la placa (batería).

#### Módulo entrenamiento

##### \*Configuración aplicación host para conectar con Arduino

Tan pronto como la placa de Arduino se conecte, veremos en el programa host "Kumitron" "conexión aceptada de IP" (conexión TCP efectuada vía Wifi).

##### \*Parámetros configurables en la aplicación host (java):

Los parámetros de configuración se encuentran en la clase "control.Configuration":

- Puerto de red (6789 por defecto)
- Deberá ser el mismo en el programa cargado en la placa de Arduino
- Ruta donde se guardan los videos de los combates

Se espera el directorio usado por el servidor web (apache)

- En nuestro caso: "D:\ProgramacionMaterialProfesional\DisenoWeb\videos"

La base de datos donde se guardan los datos de los combates (PostgreSQL)

- Nombre: kumitron
- URL: jdbc:postgresql://127.0.0.1:5432/kumitron
- Usuario: postgres
- Password: Etxebe1974+

Módulo web

**\*Configuración servidor**

En nuestro caso se emplea Apache Tomcat, en la ruta:

- "C:\Users\Johni\apache-tomcat-9.0.33"

La base de datos es la ya mencionada en la parte host de java "kumitron"

Configuración: archivo 'server.xml'

"C:\Users\Johni\apache-tomcat-9.0.33\conf\Server.xml"

Para los videos se agregó la información de contexto:

```
<Host name="localhost" appBase="webapps" unpackWARs="true" autoDeploy="true">  
    <Context docBase="D:\ProgramacionMaterialProfesional\DisenoWeb\videos"  
        path="/Videos" />  
</Host>
```

Lo cual permite encontrar los videos en la carpeta virtual "Videos".



## Anexo X. Aprendizaje Automático (Machine Learning)

Para el desarrollo de la aplicación, se han planteado unos algoritmos básicos sobre los que empezar a trabajar. Se seguirán analizando otros posibles algoritmos que sean más adecuados a la naturaleza del caso.

### Modelo de datos para aplicar los algoritmos de clasificación

Se puede identificar la estrategia ofensiva/defensiva o predecir victoria/derrota según los datos con los que sean entrenados, que incluyen los recogidos por los sensores (distancia recorrida, pulso) y los obtenidos sobre su nivel a través del formulario de registro (como el cinturón o la altura), así como los que se han calculado ya (p.e., el tipo de estrategia que se sigue puede ayudar a predecir la victoria o derrota).

### Posibles algoritmos

Se han diseñado una serie de posibles algoritmos que pueden usarse de base para el desarrollo de algoritmos más específicos y que obtengan una información más interesante y relevante para el entrenamiento. Estos son una primera aproximación que se ha hecho de la teoría de la asignatura de Aprendizaje Automático que se aprenden unos algoritmos básicos del tipo que expongo a continuación.

En general son los más sencillos, aunque hay alguna propuesta de algoritmo ID3 que habría que profundizar sobre su idoneidad y su correcta confección.

#### EV

Algoritmos de Espacio de Versiones. Sirve en función de los parámetros de cinturón y altura del rival, el pulso, esfuerzo y tipo de estrategia desarrollada determinar si se va a producir una victoria o derrota.

N.º Karateka	Cinturón	Altura	Distancia Recorrida	Pulso	Tipo estrategia	Victoria (+) o Derrota (-)
1	Alto	Alto	Media	Alto	Defensiva	V(+)

#### AQ

Este algoritmo nos permite determinar si un karateka es un experto/bueno/mejorable en función de su cinturón, porcentaje de victorias y años de entrenamiento.

N.º Karateka	Cinturón	% Victorias	Años entrenamiento	Clase
				Experto/Bueno/Mejorable

#### ID3

Para saber si un luchador está desarrollando una estrategia correcta en sus kumites, se ha diseñado este algoritmo ID3. En función del porcentaje de victorias, su cinturón y el tipo de estrategia histórico, se procederá a un posible cambio de estrategia en combate.

N.º Karateka	% Victorias	Cinturón	Tipo estrategia	¿Cambio estrategia?

### Aprendizaje Vago

A través de este algoritmo se pretende clasificar a los karatecas en función de los datos de pulso, distancia y datos del giroscopio.

N.º Karateka	Pulsaciones	Distancia	Datos giroscopio	Clase karateka

### Clasificador Bayesiano

Otro algoritmo para obtener información sobre los karatecas que necesitan un doble entrenamiento para mejorar kumite. A esta conclusión se llega haciendo uso del porcentaje de victorias, cinturón y años de entrenamiento.

N.º Karateka	% Victorias	Cinturón	Años entrenando	¿Mejorar?

### K-Medias

Este es un algoritmo que clasifica a los karatecas en función de sus victorias y cinturón.

N.º Karateka	% Victorias	Cinturón	Clase

Estos algoritmos propuestos serán la base del TFM del año que viene del Master en Investigación de IA. Se trabajará en mejorarlo y en añadir nuevos.



## Anexo XI. Solicitud de Patente

El PFG KUMITRÓN ha presentado la solicitud de patente a través del la OTRI. Desde un inicio se valoró la posibilidad de solicitar una patente si el sistema diseñado fuera lo suficientemente robusto para poder intentar obtener esta protección intelectual si se encontraba novedad y actividad inventiva.

Al estar sujeto a petición de patente, no se ha subido a ninguna plataforma pública (GitHub) el código ni la documentación. Se ha hecho una copia en DVD del proyecto, y está disponible para la UNED.

Durante un tiempo, existía una duda entre poder arriesgar la solicitud como modo de uso (10 años de protección) o solicitud de patente (20 años). El hecho de que últimamente se estén presentando gran cantidad de proyectos relacionados con la Inteligencia Artificial ha hecho que el nivel de exigencia para la aceptación de solicitudes se haya incrementado drásticamente. Es por esto que ha llevado mucho tiempo armar una buena solicitud con argumentos de peso para poder intentar obtener una patente. En la redacción de esta patente, ha colaborado la OTRI además de la empresa Idavinci y Clarke Modet.

Sería un honor el poder obtener una patente, que refrendará el trabajo realizado en este proyecto por todas las personas que hemos estado involucradas el mismo.