

Caso práctico para el diseño de un sistema con múltiples drones para extinción de incendios

Case study to design a multi-drone system for fire extinction

INGENIERÍAS

Jesús Capitán Fernández

<https://orcid.org/0000-0002-7534-0187>

Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Correo: jcapitan@us.es

Resumen. Este capítulo describe el diseño, aplicación y evaluación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) para la asignatura de ingeniería denominada Ampliación de Robótica. A lo largo del CIMA, se plantea una serie de actividades docentes innovadoras basadas en un caso práctico para el diseño de un sistema con múltiples drones para la extinción de incendios. El documento explica el contexto docente del CIMA, la metodología aplicada y conclusiones de mejora tras su evaluación.

Abstract. This chapter describes the design, application and evaluation of an Improvement Cycle in the Classroom (ICIC) for the subject Advanced Robotics, in engineering. Throughout the ICIC, a series of innovative teaching activities have been proposed based on a case study to design a multi-drone system for fire extinction. The document explains the teaching context of the ICIC, the applied methodology and the conclusions to improve it after its evaluation.

Palabras clave. Ampliación de robótica, Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica, docencia universitaria, desarrollo profesional docente, drones.

Keywords. Advanced robotics, Bachelor on Electronics Engineering, Robotics and Mechatronics, university teaching, teaching professional development, drones.

Contexto

Este documento describe un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) aplicado a la asignatura Ampliación de Robótica en el curso 2020/21. El diseño y aplicación del CIMA se llevó a cabo dentro del curso de fase preliminar del Programa de Formación e Innovación Docente del Profesorado 2021.

La asignatura es una optativa que se imparte en el 4º curso del Grado en Ingeniería Electrónica, Robótica y Mecatrónica de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla. Esta asignatura consta de un solo grupo de teoría con unos 15 alumnos aproximadamente, que en el curso 2020/21, debido a las restricciones sanitarias por la COVID-19, se impartió de manera semipresencial, con alumnos en el aula y alumnos asistiendo de manera telemática. Restricciones similares ya han sido consideradas en otros CIMA recientes dentro de la Universidad de Sevilla (Leñero, en prensa).

El CIMA se realizó a lo largo de cuatro clases de teoría de la asignatura, de una hora y media cada una, y consistió en la resolución de un caso práctico para diseñar los componentes de un sistema completo con múltiples drones para la extinción de

incendios (Real et al., 2021). A lo largo de las cuatro sesiones, los alumnos recopilaron técnicas y componentes (algoritmos, sensores, actuadores, etc.) para drones que se habían visto a lo largo del curso, para integrarlo todo junto y aplicarlo en el diseño propuesto en el caso práctico. El objetivo principal es que aprendan los conceptos clave para diseñar la arquitectura (Kratky, 2021) de una flota real de drones: qué componentes son necesarios y cómo seleccionarlos.

Principios didácticos

El diseño del CIMA se ha realizado siguiendo fases similares a otros CIMA previos en ingeniería (Chamorro, en prensa; Leñero, en prensa), planteando una metodología y secuencia de actividades basadas en resolución de problemas. Se han planteado talleres conceptuales (Finkel, 2008) motivados por un caso práctico vertebrador. Además, para la evaluación del aprendizaje de los alumnos a lo largo del CIMA se han utilizado diarios de las sesiones en el aula y escaleras de aprendizaje (Porlán, 2017) obtenidas mediante cuestionarios.

Se parte de la base de que existen tres partes en la enseñanza que deben de estar ligadas entre sí para un aprendizaje efectivo: los contenidos, la metodología y la evaluación (Biggs, 2014). Un aspecto clave es reflexionar sobre cómo modelar las clases y planificarlas bien para conseguir que los tres componentes esté interrelacionados de manera coherente.

Para ello, se puede comenzar con mapas de contenidos que permitan estructurar lo que se quiere enseñar. Luego, se pueden plantear actividades de ideas previas para analizar la forma de pensar de los alumnos y, entonces, diseñar secuencias de actividades que permitan activar los contenidos y modelos de ideas que se buscan. Dos de los principios fundamentales que se han seguido son proponer un aprendizaje basado en el alumno y un aprendizaje crítico (Bain, 2004). Lo primero es clave para poder diseñar las clases teniendo en cuenta cómo piensan los alumnos e intentando que se sientan protagonistas, a través de actividades con más interacción. Esto ayudará a tener alumnos más motivados y concentrados en los contenidos que se van a transmitir. Lo segundo es muy importante para que los alumnos dejen de ser elementos pasivos que reciben información, y trabajen sus ideas para aprender a razonar por sí mismos sobre los problemas que se les planteen.

Diseño del CIMA

Mapa de contenidos

El mapa de contenidos completo propuesto para el CIMA puede apreciarse en la figura 1, donde se diferencia entre contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. Se parte de un contenido conceptual principal que trata del diseño de un sistema con múltiples drones autónomos, lo que se denomina una arquitectura multi-dron. Básicamente, la idea es aprender cuáles son los componentes básicos y cómo se interrelacionan. A su vez, dicho contenido principal, se subdivide en cuatro sub-problemas que activan sendos contenidos conceptuales: qué hardware debe llevar a bordo cada dron; cómo puede localizarse cada dron; cómo puede navegar de un lugar a otro cada dron; y cómo pueden los drones planificar sus tareas para coordinarse. Para los contenidos relacionados con el diseño del hardware abordo de los drones, se utilizaron datos de rango de sensores, capacidad de autonomía de los vehículos y su carga de pago, es decir, qué peso pueden transportar. Todos los contenidos conceptuales se trataron a lo

largo de las cuatro sesiones de clase articulados entorno al caso práctico mencionado: un sistema con múltiples drones autónomos que tienen que ayudar a servicios de bomberos en tareas de extinción de incendios.

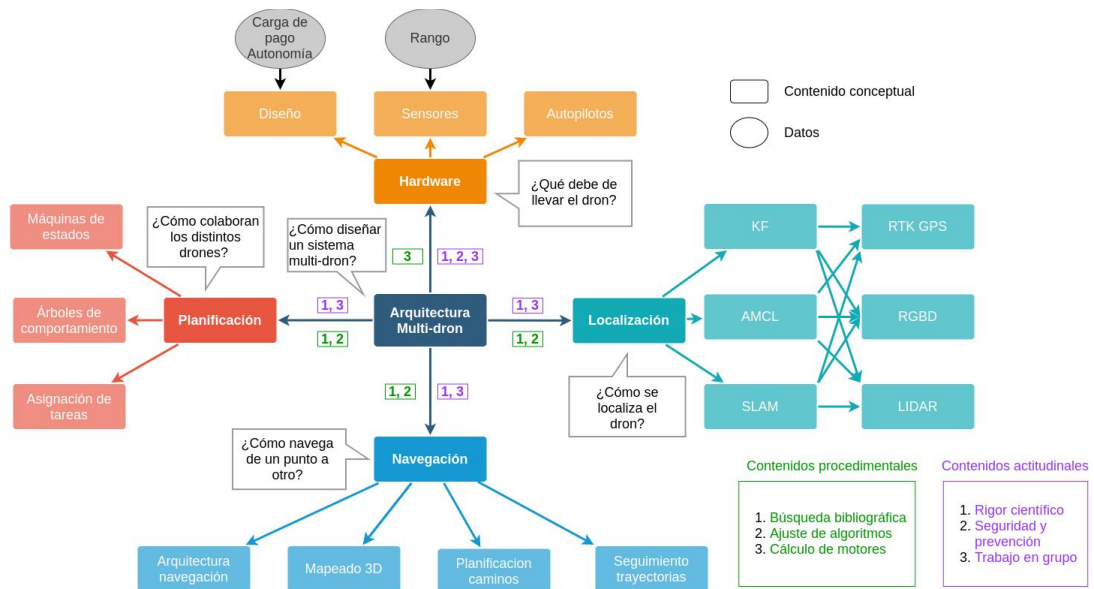


Figura 1. Mapa de contenidos.

Aparte de los contenidos conceptuales, el CIMA trata una serie de contenidos procedimentales y actitudinales. Respecto a los procedimentales, para el diseño de hardware se aprendió un mecanismo para calcular los motores a montar en los drones; mientras que para los otros sub-problemas, se aprendieron procedimientos para búsqueda bibliográfica y ajuste de algoritmos. Respecto a los contenidos actitudinales, en todos los sub-problemas se fomentó el rigor científico y el trabajo en grupo, con actividades adecuadas. Además, en el diseño del hardware se hizo hincapié en las medidas de seguridad y prevención necesarias para el manejo de drones.

Cuestionario inicial-final para seguimiento

Antes de la realización del CIMA, se pasó a los alumnos un cuestionario para explorar sus ideas iniciales sobre los contenidos que se van a tratar. Este mismo cuestionario se volvió a pasar también una vez finalizado el CIMA, para poder evaluar el aprendizaje de los alumnos a lo largo de esta experiencia docente y cómo han progresado sus modelos de ideas.

Este cuestionario inicial-final está basado en los sub-problemas que se han definido en el mapa de contenidos de la figura 1, y contiene las siguientes preguntas:

- Imagina que tenemos un cuerpo de bomberos o de emergencias que quieren usar drones para tareas de apoyo en extinción de incendios. ¿Crees que estamos cerca de ver drones autónomos que colaboren en tareas de extinción de incendios? ¿De qué tipo crees que son las principales barreras que existen a día de hoy?
- A la hora de elegir un sistema de localización para cada dron, ¿qué aspectos o parámetros son los que te parecen más relevantes?

- Para que cada dron pueda navegar de manera autónoma en el entorno de operación, ¿qué componentes hardware y módulos software entiendes que son los más críticos tener?
- Si tuviéramos este sistema basado en drones autónomos para soporte en tareas de extinción de incendios, ¿en qué crees que sería beneficioso el hecho de utilizar múltiples drones? ¿Se te ocurren también posibles inconvenientes o dificultades?

Modelo metodológico y secuencia de actividades

El modelo metodológico de las sesiones del CIMA aparece representado en la Figura 2.

Clase I-IV

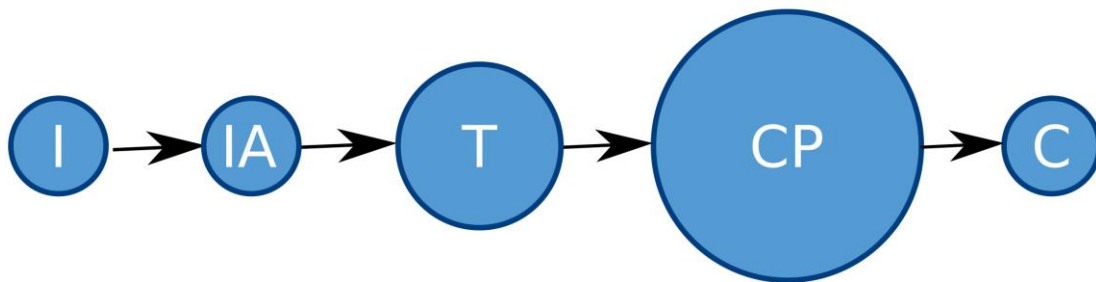


Figura 2. Modelo metodológico.

Cada clase dura 90 minutos y está centrada en uno de los cuatro sub-problemas planteados en el mapa de contenidos. Todas replican el mismo modelo metodológico a excepción de la primera clase, que omite dos de las fases debido a la peculiaridad del primer sub-problema. En la primera clase hay una fase de Introducción (I) algo mayor que en las demás clases, ya que se presentan los detalles del problema motivador de todo el CIMA, que se utiliza para proponer distintos sub-problemas a resolver en los casos prácticos de cada clase. Además, se utiliza esta fase para presentar el mapa de contenidos del CIMA de manera que los alumnos tengan una visión general de lo que se va a ver en las distintas clases. Después de la introducción, la primera clase pasa directamente a una fase de Caso Práctico (CP) seguida de una de Conclusiones (C). En la primera parte, los alumnos intentarán resolver el primero de los sub-problemas planteados trabajando en pequeños grupos, en particular, sobre los componentes hardware que llevarán los drones. Para este sub-problema no necesitarán unas fases específicas de ideas previas y teoría, pero contarán con la guía del profesor durante las actividades. En la fase de conclusiones, el profesor resumirá los puntos más importantes que los alumnos tienen que sacar del diseño que han hecho y expondrá una solución posible al problema que han tratado.

En las tres clases posteriores, el modelo metodológico se implementa con todas sus fases, abordando cada una de ellas uno de los tres sub-problemas restantes planteados en el mapa de contenidos: la localización de los drones, la navegación y la planificación. En cada clase se comienza con una breve fase de Introducción (I) para recordar los detalles del caso práctico e incidir en la parte que se va a tratar en la clase. A continuación, hay otra breve fase de Ideas de los Alumnos (IA), donde el profesor recaba cuáles son los aspectos para el diseño de cada parte que los alumnos consideran

más relevantes. Esta fase sirve para que los alumnos tengan que reflexionar sobre el problema antes de comenzar con la resolución, y termina con el profesor resumiendo las ideas más importantes. Después de estas fases iniciales, cada clase tiene una fase de Teoría (T) seguida de otra para realizar el Caso Práctico (CP). En la fase de teoría, los alumnos trabajan de manera individual, estudiando recursos proporcionados por el profesor para la resolución del problema de esa clase. Una vez realizado ese estudio previo, que permita a cada alumno concentrarse y reflexionar sobre el problema, el caso práctico se resuelve de nuevo en grupo, para que los alumnos puedan contrastar sus ideas y llegar a una solución común con la ayuda del profesor. El final de la clase consiste en unas Conclusiones (C) del profesor para recopilar las ideas más importantes y para explicar a los alumnos una solución posible del problema en un caso real.

En la tabla 1 se resume la secuencia de actividades de cada sesión (que es la misma para cada sub-problema planteado), incluyendo la fase del modelo a la que pertenece cada actividad y su duración en minutos.

Tabla 1. Secuencia de actividades. La misma se repite para cada sesión.

Nº actividad	Fase modelo (Tiempo)	Descripción
1	I (10')	Presentación del caso práctico. El profesor recuerda los detalles más relevantes para la parte del diseño que se va a realizar en esa clase.
2	IA (10')	El profesor realiza una pregunta para que los alumnos reflexionen sobre las claves del diseño que tienen que realizar en esa clase.
3	T (20')	Los alumnos estudian de manera individual información que el profesor les facilita sobre diferentes métodos para resolver el diseño del sub-problema de esa sesión. El material es de distinto tipo: enlaces online a cierta documentación, enlaces a vídeos, presentaciones con diapositivas, enlaces a paquetes software, etc.
4	CP (25')	Los alumnos trabajan en grupos para poner en común lo que han estudiado y diseñar una solución al sub-problema planteado. Como resultado de la tarea, crearán una breve presentación explicando su solución, así como las ventajas e inconvenientes que le ven.
5	CP (15')	Cada grupo de alumnos presenta al resto de la clase la solución que ellos proponen, y explica el porqué de sus decisiones.
6	C (10')	A partir de las soluciones propuestas por los alumnos, el profesor hace especial hincapié en los aspectos clave a considerar en un diseño del tipo que se pide, a modo de resumen. Además, el profesor explica una solución posible al diseño, y las principales características de los distintos métodos propuestos a los alumnos.

Aplicación del CIMA

Relato resumido de las sesiones

En la primera sesión, aproximadamente la mitad de los alumnos asistieron de manera presencial y la otra mitad online. Esta primera sesión y alguna otra comenzaron con unos diez minutos de retraso debido a los problemas técnicos, ya que había que conseguir que los alumnos online oyeran a los presenciales y viceversa, para poder realizar una interacción medianamente fluida.

Aunque al principio parecía que la asistencia online era bastante numerosa, con más alumnos de los que habían rellenado el cuestionario inicial, cuando comenzaron las actividades grupales se descubrió que esos alumnos desaparecían o simplemente estaban conectados pero sin participar. Eso trajo algo de problemática al dividir a la gente por grupos, ya que algunos se encontraban en grupos con alumnos “fantasma” que no intervenían. Se solucionó pasando por los grupos y reagrupando a los sobrantes. Otro problema organizativo que hubo relacionado con la semi-presencialidad fue la interacción del profesor con los distintos grupos. En actividades grupales, como había grupos en clase presenciales y grupos online, la interacción oral del profesor con los alumnos online se complicaba, al cruzarse las conversaciones. Se solucionó con el profesor accediendo a la plataforma virtual a través de su teléfono móvil y saliendo temporalmente del aula cuando tenía que interaccionar con grupos online. Parece que finalmente funcionó bien esa organización, aunque fuera un poco más incómodo para el profesor.

Respecto al tiempo, la primera sesión llegó algo justa a la actividad de puesta en común de los diseños realizados por los alumnos. No obstante, se mostraron participativos en las actividades y cada grupo realizó una tentativa de diseño. En general, la acogida de este nuevo esquema de clases fue positiva entre los alumnos, que se mostraron interesados y preguntando dudas sobre los diseños al final de la clase.

A partir de la segunda sesión, el esquema cambiaba un poco, ya que los alumnos tenían que estudiar en silencio un material algo más teórico durante parte de la sesión. Había cierta sensación de inseguridad por parte del profesor al comienzo, puesto que no se sabía si estas nuevas sesiones contarían con una participación activa de los alumnos y una buena acogida. También existían dudas sobre si el tiempo asignado para cada una de las actividades sería suficiente para que los alumnos pudieran trabajar con un material nuevo durante la propia clase. Tras la segunda sesión, la valoración fue positiva, ya que el tiempo fue adecuado para que los alumnos trabajaran los contenidos y pudieran debatirse en clase las conclusiones más relevantes. Durante la parte de estudio y trabajo en grupo, los alumnos sí trabajaron bien en silencio de manera individual y luego, tras una primera fase de mayor timidez, se mostraron activos en el debate, preguntando conceptos e interesándose por las soluciones finales al problema planteado. El feedback informal de algunos alumnos presenciales tras la clase parecía indicar que el nuevo modelo estaba siendo aceptado de manera positiva.

Aunque todas las actividades estaban preparadas para un modelo docente mixto, con alumnos en clase presencial y alumnos en casa, la participación más activa era por parte de los alumnos presenciales. Probablemente, porque también eran los más interesados en la asignatura.

En las dos últimas sesiones el número de alumnos decreció, manteniéndose también el ratio aproximado de mitad online y mitad presencial. De acuerdo con los comentarios de los propios alumnos, esto se debió principalmente a la coincidencia con exámenes finales durante esos días, ya que era la última semana de clase del curso. Sobre el uso de TICs, una conclusión es que la aplicación *Wooclap* que se utilizó para la recogida de ideas previas no pareció entusiasmar a los alumnos tanto como se había previsto por su novedad. Podría haberse hecho la recogida de ideas previas a viva voz

de igual manera, ya que la clave para la participación de los alumnos era si estaban o no presenciales, más que el uso de una aplicación más atractiva y anónima.

En estas últimas sesiones, los tiempos dedicados a las actividades fueron adecuados, sobre todo en la parte de estudio individual de los alumnos. También hay que tener en cuenta que un número mayor de alumnos en clase podría haber ralentizado la fase de puesta en común, al ser más grupos, pero eso podría solucionarse haciendo que no todos los grupos expongan sus soluciones en cada sesión. Además, esas actividades de exposición de los alumnos fueron aprovechadas finalmente por el profesor para asentar mejor los conceptos teóricos, explicando lo que hacían y cómo se usaban los componentes que los alumnos habían encontrado en el material preparado para cada clase. Esto fue interesante, ya que estas explicaciones resultaron más amenas y gratificantes para los alumnos, tras haberse peleado ellos en solitario con el material antes. También, se mostraron interesados en ver cómo y dónde podían usar otros métodos o componentes que habían estudiado en la asignatura a lo largo del curso, lo cual indica que el CIMA despertó en ellos sensaciones de interés positivas.

Evaluación del aprendizaje de los alumnos

El aprendizaje de los alumnos se evaluó a través de escaleras de aprendizaje sacadas de las respuestas al cuestionario realizado antes y después del CIMA. La idea es evaluar cómo han evolucionado los modelos de ideas de los alumnos, y sacar conclusiones sobre la utilidad de las actividades planteadas en el CIMA. El cuestionario se dividió en 5 preguntas para realizar una escalera de aprendizaje por cada una de ellas. En las Figuras 3, 4, 5, 6 y 7, respectivamente, pueden verse dichas escaleras, con los correspondientes porcentajes en cada escalón antes y después del CIMA.

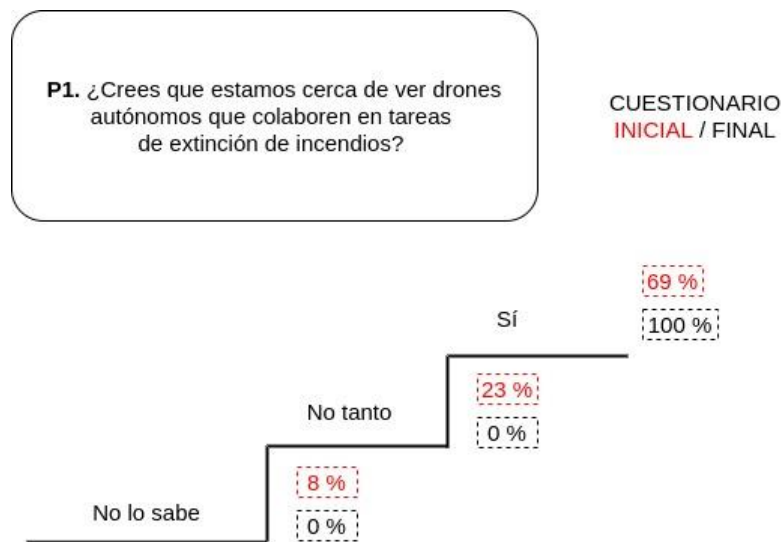


Figura 3. Escalera de la pregunta 1.

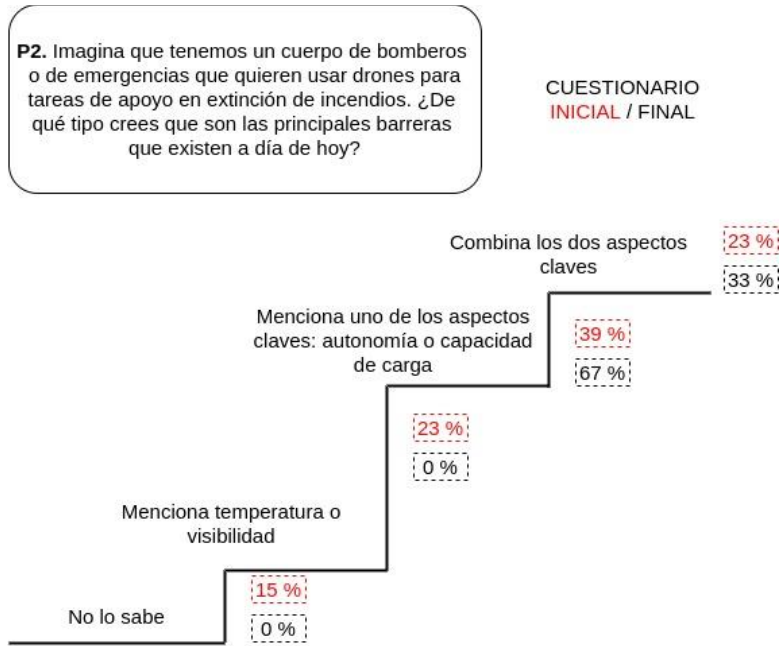


Figura 4. Escalera de la pregunta 2.



Figura 5. Escalera de la pregunta 3.

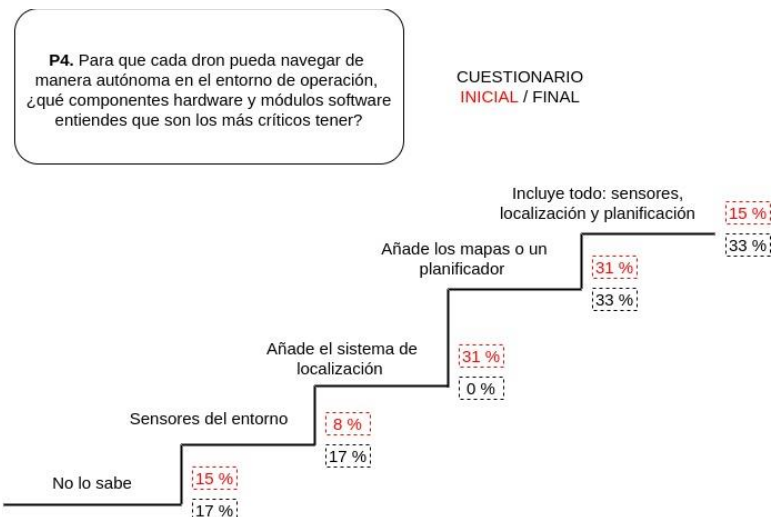


Figura 6. Escalera de la pregunta 4.

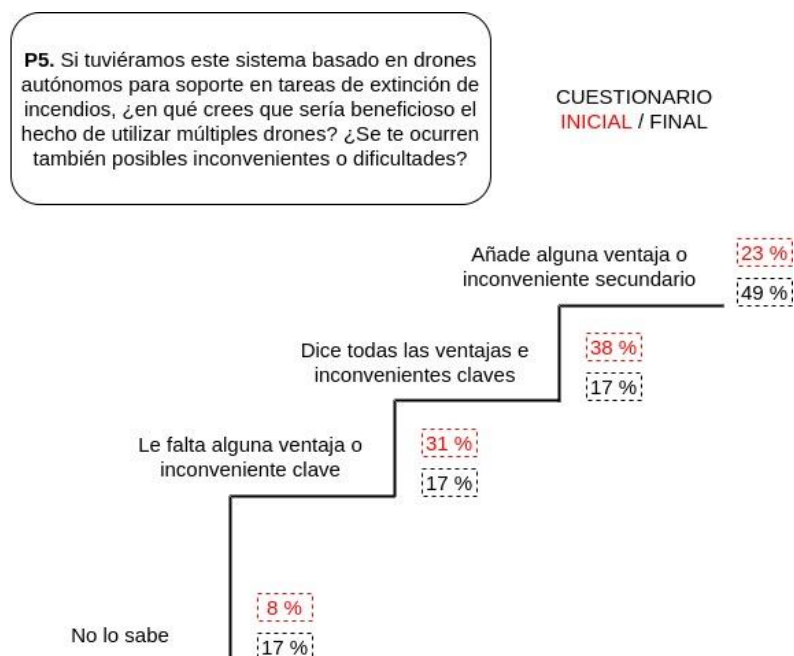


Figura 7. Escalera de la pregunta 5.

El cuestionario inicial lo realizaron 13 alumnos, mientras que el final 6. Esto se debió a que el CIMA terminó en la última semana del curso, con los alumnos pendientes de exámenes y trabajos de otras asignaturas. Por tanto, fue complicado empujarles para que dedicaran tiempo a rellenar el formulario final.

No obstante, las tendencias mostradas en las respuestas obtenidas parecen tener un patrón más o menos claro. En todas las preguntas, el porcentaje de alumnos en los escalones más altos de conocimiento ha aumentado, lo cual indica que han aprendido y afianzado ciertos conceptos gracias a la secuencia de actividades del CIMA. Además, mirando la pregunta 1, todos los alumnos ahora piensan que estamos más cerca de ver drones autónomos en extinción de incendios, cuando presentaban más dudas a comienzo de curso. Parece un indicador general del efecto positivo que ha tenido el caso práctico sobre los alumnos. La pregunta 4 quizá habría que reformularla, ya que se piden componentes hardware y software más relevantes para un sistema de navegación

autónomo, y lo que se pretende evaluar es más bien si tienen claros los componentes software. En las respuestas del cuestionario final, muchos alumnos se centraron en los componentes hardware, aunque también conocieran los componentes software, simplemente porque se había dedicado una de las sesiones de manera específica a esos componentes hardware. Por tanto, se podría reformular la pregunta para orientar las respuestas de manera más explícita hacia la parte software, que es la que se pretende trabajar en las otras sesiones.

En la Tabla 2 se muestra la evolución individual de los alumnos en los cuestionarios inicial y final. Para esta evaluación se ha tomado una muestra de 5 alumnos que realizaron ambos cuestionarios de manera identificable, para poder cruzar los datos. Los recuadros en color verde indican que el alumno ha subido de nivel en la pregunta, en color naranja que se mantiene en el mismo nivel, en color rojo que ha bajado de nivel, y en azul que se mantiene en el máximo escalón de dicha pregunta.

Tabla 2. Evolución individual de los alumnos.

ID	Cuestionario inicial					Cuestionario final				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
1	2	0	3	4	1	2	3	3	4	1
2	2	1	2	0	2	2	2	3	3	3
3	2	2	1	1	3	2	3	2	1	3
4	2	3	1	1	2	2	2	3	4	3
5	2	2	2	3	1	2	2	2	3	0

Excepto uno de los alumnos, que se ha mantenido en niveles parecidos, el resto parece haber subido sus niveles de conocimiento en todas las preguntas, por lo que se puede realizar una evaluación positiva del CIMA en ese sentido.

Evaluación del CIMA y aspectos para la docencia futura

En cómputo general, la apreciación es que la secuencia de actividades propuesta y los tiempos asignados a cada una fueron adecuados, y tuvieron buena recepción entre los alumnos. Hubo una asistencia menor de la esperada por parte de los alumnos, pero esto se justifica en parte porque el CIMA tuvo lugar en las últimas semanas del curso, con las evaluaciones de otras asignaturas cercanas. No obstante, la participación y el interés de los alumnos asistentes sí fueron buenos.

Entre las cosas que funcionaron menos bien, podrían destacarse aspectos organizativos, ya que la semi-presencialidad hizo más complicada la interacción entre los alumnos, al estar algunos presenciales y otros no. Los alumnos online tienden a mostrarse menos participativos al sentirse más desconectados de la clase. Parece más indicado plantear la actividad en un único modo, ya sea presencial u online.

Para siguientes ediciones, se podrían modificar ligeramente algunas de las actividades de diseño que tienen que realizar los estudiantes, para que además de contar con los métodos teóricos que se les daban en cada sesión, pudieran plantear otros métodos alternativos que hayan visto en clase. Los alumnos perciben de manera muy positiva el poder utilizar métodos y técnicas que ya han visto en clase, ya que les ayuda a situar y aprovechar el conocimiento que han obtenido a lo largo del curso. También se podría añadir en las actividades finales de puesta en común de diseños de los alumnos un mayor contenido teórico. En la práctica el profesor aprovechó esos momentos para hacer más hincapié en conceptos teóricos relacionados con la temática de cada sesión, para que los alumnos pudieran entender mejor el funcionamiento de los métodos que se les proporcionaban para cada diseño. Estas explicaciones son muy positivas por dos motivos. Primero porque el alumno presta más atención a la solución, tras haber tenido que estudiar antes por su cuenta el material y esforzarse, todo lo cual hace que los conceptos se asienten mejor. Lo segundo, porque se les ayuda a tener una visión global de cómo están interconectados los distintos componentes del mapa de contenidos, y cómo pueden relacionarlo con lo que ya han visto en la asignatura a lo largo del curso.

Para aplicar en docencia futura el concepto clave ha sido el de buscar clases que sean más activas, donde los alumnos no sean sólo sujetos pasivos, ya que esto les hace desconectar más fácilmente. En general, intentar buscar problemas que les motiven para captar su atención mejor, incluir actividades de ideas previas para que se activen en el tema al principio de la clase, y planificar de antemano las secuencias de actividades que se van a realizar en la clase, para poder controlar mejor el flujo de la clase y, con ello, el proceso de aprendizaje.

Más concretamente, resulta bastante interesante la idea de realizar talleres conceptuales, cómo el que se ha planteado en este CIMA. En ciertos momentos de una asignatura puede ser muy útil una actividad de ese tipo para asentar conocimientos y poner en orden diversas técnicas aprendidas durante el curso. El aprendizaje resulta más efectivo a través de un caso práctico basado en algún problema motivador, donde los alumnos tengan que imaginar soluciones a priori por su cuenta, y trabajar luego en grupo con conceptos y material que se les pase de teoría. Después de haberlo razonado ellos por su cuenta, prestan más atención a la explicación final del profesor, y asientan mejor los conocimientos.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2004). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Valencia: Publicaciones Universidad de Valencia.
- Biggs, J. (2014). Constructive alignment in university teaching. *HERDSA Review of Higher Education*, 1, 5-22. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.1999.00431.x>
- Chamorro, R. (en prensa). Ciclo de mejora en el aula aplicado a la asignatura de Teoría de Máquinas y Mecanismos del Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. En R. Porlán, E. Navarro-Medina y A.F. Villarejo (Coord.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2020. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Finkel, D. (2008). *Dar clases con la boca cerrada*. Valencia: Publicaciones Universidad de Valencia.
- Kratky, V., Petracek, P., Baca, T., Saska, M. (2021). An autonomous unmanned aerial vehicle system for fast exploration of large complex indoor environments. *Journal of Field Robotics*. 1-23.

- Leñero, J.A. (en prensa). Docencia en asignaturas de diseño electrónico basada en la realización de proyectos colaborativos. En R. Porlán, E. Navarro-Medina y A.F. Villarejo (Coord.), *Ciclos de mejora en el aula. Año 2020. Experiencias de innovación docente de la Universidad de Sevilla*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- Porlán, R. (2017). *Enseñanza universitaria. Cómo mejorarla*. Madrid: Morata.
- Real, F., Castaño, A., Torres-González, A., Capitán, J., Sánchez-Cuevas, P., Fernández, M., Romero, H., Ollero, A. (2021). Autonomous Fire-fighting with Heterogeneous Team of Unmanned Aerial Vehicles. *Field Robotics*.