

Docencia en asignaturas de diseño electrónico basada en la realización de proyectos colaborativos

The teaching of subjects based on the electronic design with collaborative projects

JUAN ANTONIO LEÑERO BARDALLO

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1741-9743>

Universidad de Sevilla

*Departamento de Electrónica y
Electromagnetismo*

jlenero@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231003.132>

Pp.: 2897-2919



Esta obra se distribuye con la licencia Creative Commons
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0
Internacional (CC BY-NC-ND 4.0.)

Contexto de la intervención

La suspensión temporal de la docencia presencial en las universidades españolas debido al brote del virus COVID-19 en marzo de 2020 creó una situación sin precedentes que forzó el uso de herramientas informáticas para impartir docencia y compartir recursos de forma telemática. En este contexto, se propuso un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) basado en dos pilares fundamentales: la realización de proyectos de ingeniería basados en el diseño micro-electrónico abiertos y en el uso de herramientas para la docencia telemática, que permitían realizar todas las labores docentes de forma no presencial. En concreto, se sustituyeron las lecciones basadas en docencia teórica por la realización de proyectos de diseño de circuitos integrados y sesiones de control periódicas. Partiendo de un pliego de condiciones para cada uno de los proyectos propuestos, los alumnos realizaron una serie de proyectos orientados a adquirir las competencias básicas de la asignatura. En este proceso de aprendizaje, se puso a disposición del alumnado todas las posibilidades que ofrecía la Universidad de Sevilla: descargas directas de libros desde la web de la biblioteca, creación de foros de debate, tutorías no presenciales, reuniones de seguimiento, etc. Este artículo resume los resultados obtenidos tras la implementación del CIMA.

Las actividades de la innovación docente se desarrollaron en la asignatura *Procesamiento Bio-Inspirado: Algoritmos y Circuitos* del Máster en Microelectrónica que oferta la Universidad de Sevilla. El máster tiene un año de duración y su docencia es no presencial. El objetivo principal de la titulación es dotar a los alumnos de destrezas para el diseño de circuitos integrados.

El diseño de circuitos integrados requiere un nivel de especialización y manejo de herramientas de diseño



complejas que no se consigue en las titulaciones de grado. Por ello, la Universidad de Sevilla oferta un máster de un año de duración en el que se pueden adquirir estas competencias. Puesto que la mayoría del alumnado compagina sus estudios con actividades profesionales en la industria microelectrónica o en el ámbito académico, el máster es no presencial, facilitando que sea compatible con otras actividades. La demanda del máster ha crecido significativamente en los últimos años. El número de alumnos está limitado a 30. En este curso, el número de solicitudes de ingreso superó las 60.

El alumnado que accede al máster tiene un perfil diverso por lo que la docencia en muchos casos es un reto, ya que el nivel de conocimientos con el que el alumnado accede al máster es muy dispar. Se da también la circunstancia de que hay un alto porcentaje de alumnos extranjeros, por lo que se recomienda que los documentos que se aportan a los alumnos estén traducidos al inglés. Además, la situación profesional de ellos, hace no puedan seguir la docencia con regularidad, por lo que deben plazos de entrega y de evaluación flexibles.

La asignatura objeto es optativa y tiene una carga docente de 6 créditos. Normalmente el número de alumnos que la cursa es reducido, en torno a 20, contando los repetidores de años anteriores. En este contexto, el profesor cuenta con muchos grados de libertad para implementar CIMAs que mejoren la docencia.

Descripción de las clases impartidas en cursos anteriores

En cursos anteriores, los temas de la asignatura se han impartido de forma no presencial a través diapositivas en formato PowerPoint que contienen audios grabados por el



profesor, punteros a monografías de interés y descripción de las tareas y/o ejercicios que los alumnos deben entregar para superar los sucesivos temas. Además, se ofertaban tutorías presenciales y no presenciales bajo demanda de los alumnos.

Se observó que el modelo metodológico empleado tenía ciertas carencias. Muchos alumnos optaban por leer las actividades propuestas para la evaluación y luego buscar en la documentación aportada las respuestas a los problemas planteados, sin llegar a leer el material del tema, o haciéndolo de forma desordenada. Esta situación llevó a una situación indeseable: la única forma de forzar que el alumno a estudiar los apuntes de clase era proponer un boletín extenso de problemas que cubrieran la mayor parte de apartados posibles de la teoría. Ello conllevaba una sobrecarga del alumnado, con exceso de actividades de evaluación en todas las asignaturas de la titulación.

El esquema de la docencia impartida en la asignatura era el siguiente:

1. Publicación del material del tema en la Plataforma de Enseñanza Virtual
2. Publicación a la par de las tareas y ejercicios que deben resolverse y entregarse para evaluar el tema.
3. Sesiones de tutorías virtuales y/o presenciales bajo demanda del alumnado.
4. Entrega de las tareas propuestas.
5. Publicación de calificaciones y sesiones.

La secuencia habitual antes de del CIMA se resume en el siguiente cuadro:

Publicación del material docente + Publicación de las tareas a realizar + Tutorías + + Entregas + Evaluación.



Diseño previo del Ciclo de Mejora en el Aula

Modelo metodológico ideal

El modelo metodológico ideal en las clases de la asignatura pretende que los alumnos realicen, por sí mismos, desde cero todas las tareas asociadas a los proyectos, (Bain, 2007):

1. Los alumnos leen y preparan el guion disponible en Enseñanza Virtual, de cada proyecto.
2. El profesor imparte una clase dedicada a explicar los objetivos del proyecto y las tareas a realizar.
3. Los alumnos realizan el proyecto.
4. Los estudiantes discuten con el profesor las soluciones aportados y las dudas que surgen.
5. Seguidamente, los resultados del proyecto se presentan y debaten con la clase.

Modelo metodológico propuesto

Se pretende suprimir el estudio individualizado de material docente por la realización de proyectos colaborativos de ingeniería en los que los alumnos puedan desarrollar las competencias específicas de cada tema. En el CIMA (Porlan, 2017) propuesto, los alumnos realizarán proyectos de diseño microelectrónico, de acuerdo con una instrucciones y documentación proporcionada por el profesor. Se realizarán reuniones virtuales individualizadas y colectivas a través mediante el uso de la herramienta *Blackboard Collaborate*, que proporciona la Universidad de Sevilla a través de su portal.

El modelo metodológico que se va a implementar la secuencia de actividades es la siguiente:



1. Se publica un documento detallado, pliego de condiciones, con la descripción del proyecto a realizar, la documentación de apoyo recomendada, así como, las instrucciones y los plazos de entrega.
2. Se lleva a cabo una reunión virtual con todos los alumnos para aclarar las dudas que existan tras la lectura del pliego de condiciones del proyecto.
3. Los alumnos pueden hacer usos de sesiones virtuales de consulta con el profesor o entre ellos.
4. Los estudiantes entregan los trabajos.
5. El profesor y los alumnos se reúnen virtualmente para comentar y evaluar los proyectos. En esta reunión, el profesor pide al alumno que justifique las decisiones adoptadas.
6. Se publican en abierto los proyectos y los comentarios del profesor a cada uno.
7. Los alumnos que lo deseen pueden discutir la calificación propuesta por el profesor.

Planificación propuesta

El modelo metodológico posible se ajusta al ideal y la planificación temporal de la asignatura permitió realizar cuatro proyectos de dos semanas de duración cada uno. Durante la semana, la carga docente asignada fue de cuatro horas. El desarrollo de las sesiones virtuales de seguimiento de los proyectos fue la siguiente (la sesión estándar es de 60 minutos de duración, aunque puede extenderse si los alumnos plantean dudas):

- 10 minutos. Introducción a la sesión. Se explica el propósito y la situación de partida.
- 20 minutos. Comentarios de los alumnos y dudas.
- 20 minutos. Resolución de las dudas por parte del profesor.



- 10 minutos. Preguntas individualizadas. Si los alumnos plantean muchas dudas, el profesor puede continuar la sesión hasta que todas las dudas se resuelvan.
- El modelo posible incorpora, nuevos objetivos docentes dirigidos a:
- La toma de decisiones en problemas de ingeniería con muchos grados de libertad.
- Aprendizaje de técnicas de diseño de circuitos integrados.
- Aprendizaje mediante la resolución de proyectos.
- En la Figura 1, aparece un diagrama de todas las tareas a realizar en el modelo metodológico propuesto y las dependencias entre ellas.



Modelo Metodológico: Secuencia de Actividades

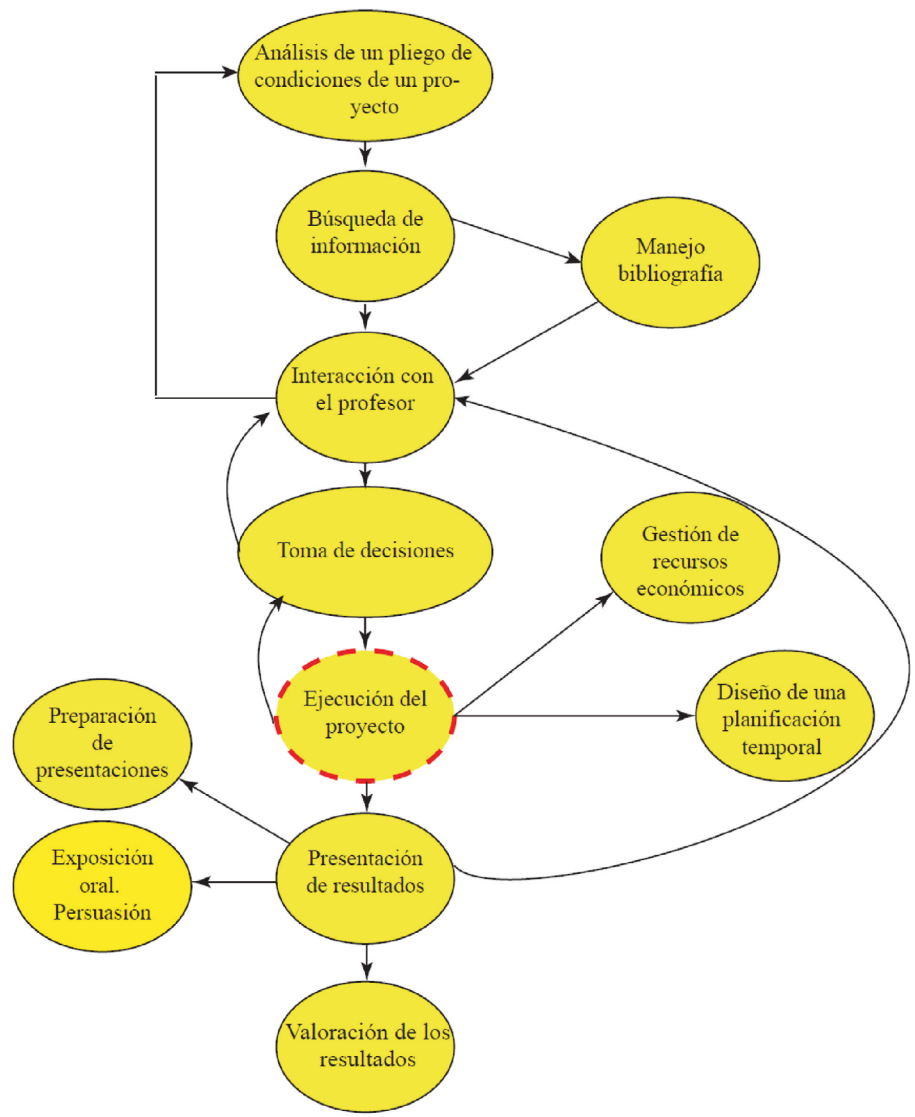


Figura 1: Secuencia de tareas asociadas al modelo metodológico propuesto y dependencias entre ellas.



Mapa de contenidos

En la Figura 1, se muestra el mapa de contenidos que se trabajarán en las sesiones prácticas de la asignatura. Estos son de tres tipos: conceptuales, procedimentales y actitudinales. Se muestran las dependencias entre ellos, los contenidos específicos que se trabajan en cada proyecto y los que se trabajan de forma global. La ejecución de cada uno de los proyectos conlleva: el dominio de los conceptos de la asignatura, la toma de decisiones, el manejo de bibliografía específica, la exposición oral de los resultados y el análisis crítico de los mismos. Hemos de destacar de que el Trabajo fin de Máster es una asignatura clave en esta titulación en la que los alumnos pueden realizar un proyecto de diseño microelectrónico. Por tanto, el CIMA supone una buena base para cursar esta asignatura.

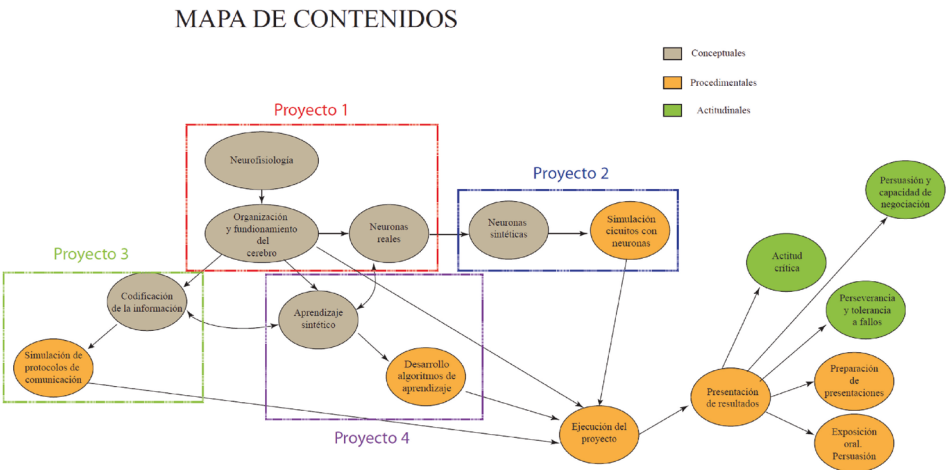
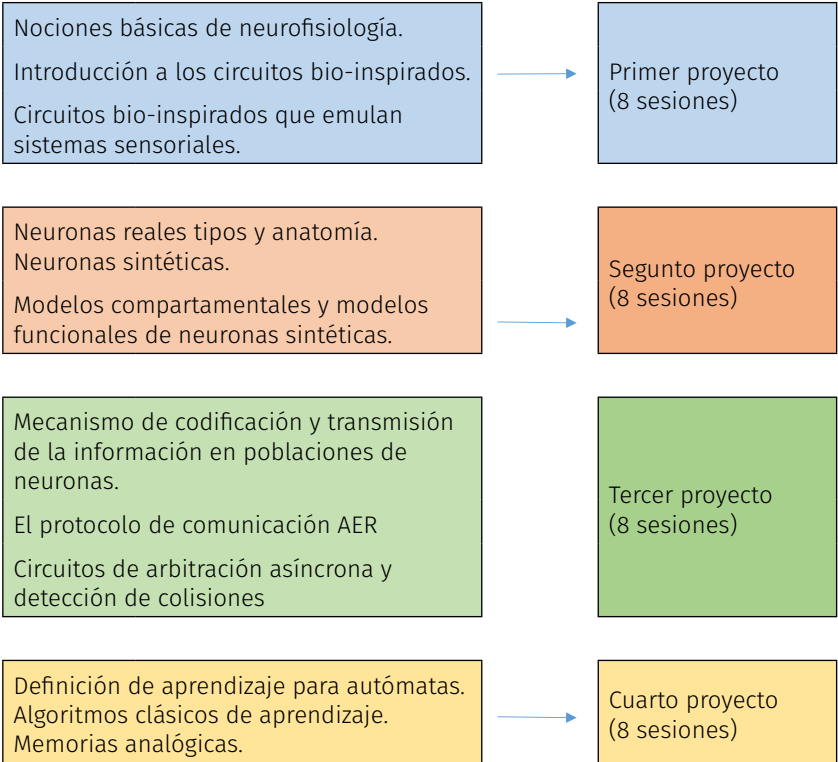


Figura 2: Mapa de contenidos asociados a los proyectos del CIMA.

A continuación, en la Tabla 1, se detallan los contenidos específicos de cada uno de los cuatro proyectos propuestos.

Tabla 1: Contenidos específicos de los proyectos propuestos en el CIMA.



Secuencia de actividades del Ciclo de Mejora en el Aula

En la Tabla 2, se detalla la secuencia de actividades que se realizaron en cada una de las cuatro sesiones de proyectos. Para cada una de estas actividades, se detalla el tipo de actividad que es.

Tabla 2. Secuencia de actividades propuesta.

Nº de actividad		TS: Tarea a realizar por el estudiante TP: Tarea a realizar por el profesor.
1	TP	Publicación del pliego de condiciones del proyecto y la documentación asociada que el alumnado debe usar.
2	TP/TS	Sesión de control para resolver dudas sobre el pliego de condiciones.
3	TP/TS	Tutorías virtuales y sesiones de trabajo y consulta.
4	TP	Entrevista individualizada con los estudiantes. Sesiones de control.
5	TS	Entrega de los trabajos realizados.
6	TP	Sesión de cierre del proyecto. Realimentación a los estudiantes.

Seguimiento de las actividades del Ciclo de Mejora en el Aula

El seguimiento del rendimiento de los alumnos con los cambios introducidos se realizó con sesiones virtuales de tutoría. Se pretendía que estas sesiones fuesen a petición propia del alumnado para resolver dudas, pero cuando esto no sucedía, el profesor concertaba con los alumnos sesiones de seguimiento para asesorarles y evaluar su aprovechamiento del CIMA.

Para la evaluación de la labor de los alumnos en los proyectos se utilizó la ficha que se resume en la Tabla 3. Ésta contiene las competencias que se evaluaron.

Tabla 3. Ficha de evaluación del alumnado.

Nombre	Compresión del problema planteado	Viabilidad de la solución propuesta	Planificación temporal propuesta	Se cumplen los objetivos	Actitud del alumno
Alumno 1					
....					
Alumno n					

Se asignó una puntuación de 1 a 5 a cada uno de los alumnos, dependiendo de su desempeño en la realización del proyecto según la siguiente escala:

- 1-2: No se alcanzan los objetivos mínimos que se esperan del alumno.
- 3: Suficiente. El alumno demuestra ser capaz de adquirir los conocimientos elementales que se esperan.
- 4: Destacado. El alumno demuestra que la solución aportada es viable en tiempo y forma.
- 5: Excelente. Se reserva esta calificación para los alumnos, que además de alcanzar el nivel anterior, sean capaces de proponer soluciones imaginativas que demuestren un dominio de los contenidos de la asignatura.

Estas puntuaciones se utilizaron para elaborar escaleras de aprendizaje que permitiesen cuantificar el progreso de los alumnos en las sesiones de proyectos.

Evaluación propuesta del CIMA y de la intervención

Uno de los riesgos posibles del CIMA propuesto es que los alumnos no supieran gestionar los grados de libertad propuestos en los proyectos. Por ello, las reuniones telemáticas de seguimiento y las tutorías virtuales fueron muy cuidadas para evitar que el alumnado se dispersara.

El aprendizaje de los alumnos se evaluó mediante los resultados obtenidos en las fichas y reuniones de seguimiento. Puesto que se propusieron cuatro proyectos, se medió la progresión que los alumnos alcanzaron ejecutando los proyectos al cabo del tiempo.

La adquisición de los conocimientos de la asignatura por parte del alumnado se evaluó mediante los propios proyectos que estaban ideados para que solo pudiesen ser ejecutados adquiriendo las competencias de la asignatura. Finalmente, las opiniones del alumnado fueron tenidas en cuenta. Se les preguntó mediante un cuestionario anónimo sobre sus impresiones del CIMA.

En cuanto la evaluación del propio CIMA, se compararon los resultados del primer mes de clase, basado en los métodos docentes empleados en cursos anteriores con los que se obtuvieron en el curso en el que se implementó el CIMA, donde la docencia teórica se sustituyó por la realización de proyectos.

Aplicación del Ciclo de Mejora en el Aula

Relato resumido de las sesiones

En este apartado, se resumirán el desarrollo de las sesiones dedicadas al CIMA. Dentro de éstas, se establecieron cinco tipos distintos de sesiones diferentes. Se analizará a continuación cada una de ellas por separado:

Sesiones de control para resolver dudas sobre el pliego de condiciones: El propósito de estas sesiones era que los alumnos tuvieran de forma temprana lo más claro posible las tareas a realizar en cada uno de los proyectos propuestos. En ellas, además se aclaraban los entregables

que debían generar, el formato de los documentos que debían elaborar, así como las fechas orientativas para que llevaran a cabo cada uno de los hitos del proyecto. La primera sesión asociada al primero de los proyectos fue un éxito en cuanto a participación del alumnado y al interés del mismo. En parte, el alumnado se mostraba algo intranquilo ante el CIMA. Los alumnos repetidores manifestaron abiertamente descontento al cambio propuesto en la metodología docente de la asignatura. En las sesiones de los proyectos siguientes, los alumnos se mostraron más seguros e hicieron preguntas más enfocadas hacia las tareas de los proyectos propuestos que se proponían, al haber asimilado el método de trabajo propuesto en el CIMA. En el último de los proyectos, la sesión inicial de consulta experimentó una disminución en la asistencia del alumnado. Posiblemente, ésta se debía a la sobrecarga con tareas docentes al final del curso y al hecho de que muchos de ellos habían aprendido a interpretar con mayor nivel de detalle el pliego de condiciones del proyecto.

Tutorías virtuales y sesiones de trabajo y consulta:

Inicialmente, muchas de las dudas de los alumnos se resolvieron por correo electrónico o mediante sesiones de tutoría con la herramienta *Skype*. De forma gradual, se empezó a utilizar la herramienta *Blackboard Collaborate*, que ofrece la Universidad de Sevilla para las sesiones de tutoría. La herramienta resultó ser muy provechosa para compartir en tiempo real información de los proyectos, mantener sesiones en grupo y flexibilizar los horarios de las sesiones. Esto último fue un factor que el alumnado valoró muy positivamente. El hecho de que las sesiones virtuales se adaptaran en la medida de lo posible a sus horarios hizo que la asistencia a las sesiones de tutoría fuese mucho más alta que la de otros cursos. Muchos alumnos se sintieron menos cohibidos para asistir a tutoría que en las sesiones presenciales clásicas. En cuanto al transcurso de las sesiones, la temática de las tutorías iniciales se centraba principalmente en el desarrollo del CIMA, mientras



que a medida que avanzó el curso, el contenido de las sesiones se volvió más técnico y centrado en los proyectos propuestos.

Entrevista individualizada con los estudiantes y sesiones de control. El propósito inicial de estas sesiones era forzar a los alumnos a informar de las tareas que estaban realizando para garantizar su correcto aprovechamiento del CIMA y del esquema de trabajo basado en proyectos. En los casos de los alumnos que acudían regularmente a tutoría, estas reuniones resultaron innecesarias, puesto que en una fase anterior ya los alumnos habían planteado dudas e informado de las dificultades que se encontraron en el proyecto. En el caso, de los alumnos que no estaban progresando de forma adecuada o que, simplemente, no habían comenzado el proyecto, estas sesiones resultaron provechosas para corregirles y reengancharles en el proyecto.

Sesiones de entrega de los proyectos realizados. En ellas los alumnos presentaban sus proyectos y discutían con el profesor y con el resto de la clase las soluciones adoptadas y las dificultades encontradas durante el proyecto. La sesión sirvió al profesor para evaluar el aprendizaje del alumnado mediante la formulación de preguntas relacionadas con sus proyectos. Se observó una gran diferencia en la calidad de los proyectos y las presentaciones entre unos alumnos y otros. En concreto, aquellos que compaginan sus estudios de máster con el trabajo en empresas, mostraron mayor predisposición a ser preguntados y responder preguntas. En cuanto al contenido técnico de las presentaciones, la gran variabilidad puede deberse a que la asignatura la cursan estudiantes con perfiles de acceso muy distintos entre sí.

Sesiones de cierre del proyecto y realimentación a los estudiantes. Estas sesiones se utilizaron para informar a

los estudiantes de su calificación y de los fallos cometidos tanto en la ejecución del proyecto como en sus presentaciones. Las sesiones no resultaron tan provechosas como se habían planificado inicialmente debido a que había proyectos y presentaciones muy deficientes en las sesiones iniciales. Resultaba incómodo para el profesor establecer comparaciones directas entre proyectos, así como atender reclamaciones de la nota asignada en público. Ante esto, se optó por limitar la sesión para informar de las posibles soluciones de los proyectos y los criterios de corrección adaptados. Se habilitaron en paralelo revisiones individualizadas de revisión y consulta para aquellos alumnos que las solicitaron.

Evolución del aprendizaje de los estudiantes

En la Tabla 4, se resume el progreso de los alumnos en los proyectos. En el momento de la redacción de este artículo, se habían realizado tres de los cuatro proyectos planificados. Se resumen las calificaciones promediadas de todos los alumnos del curso para cada uno de las competencias que se evaluaron en el CIMA y para cada uno de los tres proyectos ejecutados. Las calificaciones van desde el valor 1 (mínimo posible) hasta el valor 5 (máximo posible), según se detalló en la sección en la que se describió el procedimiento de evaluación propuesto.

Tabla 4: Evolución del aprendizaje de los alumnos en los proyectos propuestos.

Proyecto	Compresión del problema planteado	Viabilidad de la solución propuesta	Planificación temporal propuesta	Se cumplen los objetivos	Actitud del alumno
Proyecto 1	2.6	1.5	2.1	2.2	3.4
Proyecto 2	3.1	3.0	3.5	3.1	4.0
Proyecto 3	4.0	4.5	3.4	3.2	4.2

El análisis de los resultados revela una progresión satisfactoria del alumnado. Sin embargo, hay competencias en las que la progresión del alumnado ha sido baja o incluso ha empeorado con el paso del tiempo. Analizaremos cada una de ellas por separado:

Comprensión del problema planteado: Claramente el alumnado no estaba habituado a resolver problemas basados en proyectos al comienzo del CIMA. Por ello, en el primer proyecto, el principal escollo fue que los alumnos entendieran el problema que debían resolver y la documentación que debían presentar. En los proyectos siguientes, este apartado de la evaluación mejoró mucho.

Viabilidad de la solución propuesta: La evolución de este apartado fue similar al del anterior. En el primer proyecto, las soluciones aportadas por los alumnos eran en muchos casos inviables debido al tiempo o los recursos que requerían. En los siguientes proyectos, las propuestas de los alumnos fueron más conservadoras y se ajustaron mejor al tiempo disponible y su capacidad de trabajo.

Planificación temporal de la propuesta: En este apartado no hubo una gran progresión por parte del alumnado. Posiblemente, el hecho de su carga de trabajo sea variable a lo largo del curso, ha supuesto una dificultad añadida para ellos a la hora de temporizar los proyectos. Se propone corregir esto en cursos venideros evitando que las entregas de los proyectos coincidan con las de otras asignaturas.

Cumplimiento de objetivos: Se ha observado una evolución favorable por parte del alumnado, a pesar de que las calificaciones de este apartado no hayan sido altas. Esto posiblemente se deba a que la carga de trabajo de los proyectos haya sido excesiva en determinados momentos en los que los alumnos tenían entregas de otras asignaturas de forma simultánea.

Actitud de los alumnos: La evolución ha sido positiva. Inicialmente, hubo un rechazo al CIMA por parte de los alumnos repetidores porque les suponía un cambio brusco en la metodología del trabajo que habían seguido en cursos anteriores. Los alumnos han valorado la posibilidad de resolver problemas abiertos y poder debatir las soluciones adoptadas con el profesor y sus compañeros.

Evaluación del CIMA puesto en práctica

Cuestiones a mantener y cambios a introducir en un futuro CIMA

En términos generales, la progresión ha sido satisfactoria, pero hay aspectos mejorables del CIMA que se tendrán en cuenta en cursos venideros. El ajuste de la extensión de las tareas propuestas en los proyectos y la coordinación de las entregas de los proyectos con las de otras asignaturas de la titulación son aspectos que se consideran prioritarios para el curso próximo. Se ha observado que el aprendizaje basado en proyectos puede suponer carga de trabajo excesiva para el alumno cuando en varias asignaturas de un mismo curso se sigue el mismo método y las presentaciones de trabajos se realizan muy próximas en el tiempo. Como solución a este aspecto, se propone una mayor coordinación con el profesorado que imparte docencia en el mismo semestre. En cuanto al alcance de los proyectos, se propondrán tareas voluntarias que permitan subir nota a los alumnos, de forma que éstos puedan siempre cumplir los objetivos de los proyectos con una carga de trabajo razonable, y adicionalmente, ampliar sus conocimientos y calificación con la realización de tareas individualizadas voluntarias.



En la Metodología docente de los proyectos (véase Figura 1), se propone introducir una fase adicional entre la publicación de los pliegos de condiciones de los proyectos y la búsqueda de bibliografía y documentación por parte del alumnado. El objetivo de esta fase es que el alumno se focalice en el problema planteado, sin estar aún condicionado por la lectura de posibles soluciones ya existentes. De esa forma, además de comprender tempranamente la dificultad de las tareas propuestas, el alumno podrá identificar aquellas competencias que necesita adquirir para llevar a cabo la tarea propuesta. Por último, esta nueva fase de trabajo potenciará la creatividad del alumno, que tendrá la opción de idear soluciones imaginativas distintas a las existentes, y posibilitará que el contraste con el estado del arte parta de un esquema inicial mínimo, ya elaborado por el propio alumno, que será el que se irá mejorando.

En lo cuanto a la evaluación de los proyectos, ésta se ha basado principalmente en asignar puntuaciones durante la fase de defensa y exposición pública. Se propone una evaluación más cualitativa y progresiva en el tiempo que permita generar con facilidad escaleras de aprendizaje que permitan evaluar con más claridad los obstáculos de aprendizaje más difíciles de superar y si las actividades propuestas han sido útiles o no para superarlos, Porlán, 2017. Para ello, los alumnos realizarán cuestionarios previos durante las fases de control de los proyectos, en los que se identifiquen sus conocimientos de partida para evaluar su progresión en la asignatura y la utilidad del propio CIMA.

En cuanto a las sesiones de seguimiento, se propone potenciar más la asistencia a las tutorías. Para ello, se hará obligatorio la asistencia a un número mínimo de sesiones tutorizadas durante el curso siguiente. Se propone suprimir las sesiones dedicadas a la revisión de las calificaciones

de los proyectos por sesiones individualizadas de revisión. A cambio, se extenderá el tiempo dedicado a las presentaciones de los proyectos.

En relación a la evaluación, se ha visto que hay compañeros que han contribuido muy positivamente con preguntas realizadas a los otros compañeros durante las sesiones de seguimiento de los proyectos, ahorrando, supliendo en muchos casos el rol del profesor. Se propone evaluar las intervenciones de los alumnos en las reuniones de seguimiento en implementaciones futuras del CIMA.

En cuanto al Mapa de Contenidos de la asignatura y el sistema de evaluación propuesto, no se proponen cambios futuros; ambos han demostrado ser adecuados para conseguir los objetivos de la asignatura.

Aspectos de la experiencia a incorporar en la docencia habitual

Sin duda, el uso de la herramienta *Blackboard Colabore* para mantener sesiones remotas de tutoría con los alumnos ha sido muy positivo. En muchos casos, ha permitido a muchos alumnos a superar el temor inicial a asistir a una tutoría de la asignatura por primera vez. Además, ha permitido flexibilizar mucho los horarios de tutorías, la posibilidad de tutorías con varios alumnos a la vez y adecuarlos a las necesidades del alumnado. La herramienta ha permitido además automatizar el proceso de entrega de documentos por parte del alumnado.

El dedicar clases a que los alumnos expongan sus trabajos ha sido una experiencia satisfactoria. Dicha práctica permite al propio alumnado evaluar sus carencias en etapas tempranas y a mejorar sus exposiciones orales. El debate con el resto de compañeros bien dirigido puede ser



muy provechoso, ya que los alumnos pueden tomar como modelos a sus propios compañeros para fijarse metas.

Finalmente, el esquema de trabajo basado en proyectos es perfectamente viable en asignaturas con un número reducido de alumnos y se ajusta bien a la realidad laboral que los alumnos encontrarán cuando finalicen sus estudios.

En cuanto al Mapa de Contenidos de la asignatura y el sistema de evaluación propuesto, no se proponen cambios futuros; ambos han demostrado ser adecuados para conseguir los objetivos de la asignatura.

Principios didácticos que han guiado la experiencia y que deben permanecer en el futuro

Los principios didácticos que han fundamentado la innovación docente en el proceso de enseñanza-aprendizaje y que deben permanecer en la asignatura son los siguientes:

- El aprendizaje basado en la realización de experiencias prácticas, cercanas a la realidad y continuadas en el tiempo, es más efectivo y perdura más que un aprendizaje a ráfagas, basado en interminables días y noches de estudio intenso, unos días antes del examen (Finkel, 2008).
- La adopción de un enfoque constructivista (Delval, 1997), según el cual el alumno es el verdadero protagonista de su aprendizaje, teniendo éste un papel activo en el que no sólo reproduce los contenidos facilitados por el docente, pero, además, evalúa continuamente y somete a crítica de forma continua sus propios conocimientos (Gómez Rijo, 2010).

- La creación de un entorno de trabajo y de un entorno enriquecedor que lleve al alumno a trabajar de forma continuada y autónoma, y a plantearse interrogantes sobre los conceptos impartidos, y a aprender por sí mismos (Bain, 2007). La presentación en público de los resultados de los proyectos permite que los alumnos progresen por sí mismos, sin necesidad de que el profesor tenga que verificar el montaje de sus circuitos antes de realizar la toma de medidas.
- La elección contenidos de interés para los estudiantes y que estén relacionados con los dispositivos electrónicos que usan a diario. Este hecho tradicionalmente ha dado buenos resultados pedagógicos en la docencia de asignaturas de electrónica (Ausubel, 1978).

Conclusiones

Se han resumido los resultados tras la implementación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) basado en la realización de proyectos, que se ha adaptado a las necesidades particulares impuestas por la pandemia de la enfermedad COVID-19. Durante la experiencia docente se han explorado nuevos métodos y herramientas para realizar el seguimiento de los alumnos de forma no presencial. El aprendizaje basado en proyectos ha resultado provechoso para el alumnado y resulta perfectamente viable en asignaturas en las que el número de alumnos es reducido.

Palabras clave: Procesamiento Bio-Inspirado: Algoritmos y Circuitos, Máster en Microelectrónica, docencia universitaria, experimentación docente universitaria, proyectos de electrónica, Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA).

Keywords: Bio-inspired processing: Algorithms and circuits, Master in Microelectronics, university teaching, teaching experimentation, electronics projects, Improvement Cycles in Classroom (ICIC).

Referencias bibliográficas

- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Porlán, R et al. (2017). *Enseñanza Universitaria. Cómo mejorarla* (2ª edición). Madrid: Morata.
- Ausubel, D. Novak, J., y Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View (2nd Ed.)*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Delval, J. (1997). Tesis sobre el constructivismo. En Rodrigo, M. J. y Arnay J., *La construcción del conocimiento escolar* (pp. 15-35). Barcelona: Paidós.
- Gómez Rijo, A. (2010). *El alumnado como constructor de su propio aprendizaje en el área de educación física*. Huelva: Universidad de Huelva.
- Bain, K. (2006). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*, Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia.

