

Implementación de actividades de trabajo grupal e individual en Física Aplicada a Ciencias de la Salud

Implementation of group and individual work activities in Physics Applied to Health Sciences

ELIA MARÍA GRUESO MOLINA

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1397-6104>

Universidad de Sevilla.

Departamento de Química Física.

elia@us.es

DOI: <http://dx.doi.org/10.12795/9788447231003.129>

Pp.: 2821-2857



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

Breve descripción del contexto

La asignatura a la que se ha aplicado el CIMA en este curso académico 2020/2021 es Física Aplicada a Ciencias de la Salud, del primer curso del Grado en Farmacia. Dicha asignatura de carácter teórico-práctico fue ya trabajada en la edición 2015/2016 y dentro del marco de la REFID. En el curso pasado 2019/2020, aunque fuera de la REFID, también se realizaron algunas innovaciones basadas sobretudo en el trabajo del alumno fuera de clase como herramienta para la mejora en su aprendizaje y de refuerzo a las clases teóricas. En esta edición, a las dificultades habituales de aprendizaje del alumno, se unirá la necesidad de impartir la docencia dentro del entorno virtual al que estamos menos acostumbrados en general como docentes, modificando nuestro escenario habitual o de confort. Además, este curso académico conlleva el desdoble de grupos en subgrupos de trabajo (3 subgrupos en Física Aplicada) para mantener distancias de seguridad en clases presenciales y la posibilidad de pasar del escenario inicial A (semipresencial) al escenario B (no presencial y virtual) en ocasiones durante el curso, por lo que los prediseños han sido flexibilizados a la realidad de este cambio. Las actividades a trabajar combinarán tanto el trabajo individual como en grupos reducidos de alumnos y al final del CIMA de tipo encadenado se evaluarán las preferencias del alumnado en este sentido. Un primer CIMA estará destinado al estudio de dos bloques temáticos importantes dentro de la asignatura: “Los errores en las medidas experimentales” y la “Mecánica”. El segundo CIMA encadenado se aplicará al bloque de “Mecánica de Fluidos” y de “Termodinámica”, este último un capítulo eminentemente importante en el desarrollo de esta asignatura, y también de la asignatura posterior de segundo cuatrimestre, la Fisicoquímica. Los CIMA serán aplicados a dos grupos de alumnos diferentes, el primero consta de 74 alumnos siendo un 30% de estos repetidores, el segundo grupo consta de 73

alumnos de los cuales el 25% son repetidores. Es importante destacar que la mayor parte de los alumnos no repetidores provienen del bachiller de Ciencias de la Salud donde la Física ni las Matemáticas son asignaturas obligatorias. En consecuencia, se encuentran fuertes deficiencias iniciales en ambas disciplinas y en general, en la capacidad de razonamiento deductivo, con una actitud crítica muy pobre, así como con una fuerte tendencia al aprendizaje memorístico frente al aprendizaje significativo. Los resultados de la aplicación de este CIMA, que será eminentemente virtual, pueden servir además para comparar los resultados obtenidos en la edición 2015/2016, y facilitar así el análisis de ambos entornos, detectando las dificultades o ventajas relacionadas con la implementación de actividades dentro del entorno virtual.

Diseño previo del CIMA

El modelo de enseñanza tradicional está siendo poco a poco sustituido por un modelo alternativo, que pretende centrarse en el estudiante y su aprendizaje, y que está basado en cuatro pilares fundamentales: la toma en consideración de los modelos mentales de los estudiantes, la formulación de los contenidos como preguntas clave, la utilización de una metodología docente basada en la investigación en el aula, y concebir la evaluación como un proceso que sirve además para retroalimentar el aprendizaje (Porlán, 2017). Así, para lograr un aprendizaje significativo y activo del estudiante, es clave tener previamente organizada la docencia en torno a tres pilares básicos: (i) los contenidos a impartir, ¿qué enseñar y para qué?; (ii) la metodología docente a emplear, ¿cómo enseñar?; y (iii), la evaluación, ¿qué y cómo evaluar?. Estos tres pilares básicos se nutren uno del otro en los denominados “Ciclos de Mejora en el Aula” (CIMA), que suponen una estrategia formativa basada en el análisis crítico de la práctica docente, en el diseño y aplicación de mejoras concretas y en

la evaluación de las mismas para determinar su continuidad, lo cual implica fundamentalmente reflexión, acción en el aula e interacción con la teoría (Porlán, 2017).

Además, en este curso académico se hace aún más importante el uso de las TICs dentro del entorno de aprendizaje, debido a la necesidad inherente dentro del marco de la pandemia COVID-19 de llevar a cabo aprendizajes dentro del entorno virtual. Todo ello se concreta en la necesidad de realizar secuencias de actividades de aprendizaje diseñadas con TICs, así como nuevos enfoques de actualización didáctica en la mejora de la enseñanza-aprendizaje sirviéndonos de la experiencia de cursos anteriores (Ugía, Giráldez y Grueso, 2018), y aprendiendo nuevas utilidades dentro de la plataforma de enseñanza virtual.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, en este curso académico se tratarán de aplicar CIMAS encadenados a diversos bloques temáticos sucesivos dentro de la asignatura de Física Aplicada. Para ello se parte de cómo están los estudiantes en su aprendizaje de conocimientos previos, tal como se ha hecho en las estrategias metodológicas implementadas en cursos anteriores. De esta forma, en el diseño previo del CIMA se han tenido en cuenta diferentes aspectos. Por un lado, se han considerado las mejoras planteadas en la aplicación del CIMA 2015/2016 de la misma asignatura y recogidas en un capítulo anterior (Grueso, 2016). Estas mejoras pueden resumirse en el empleo de una pregunta clave adecuada al comienzo de cada tema, la introducción de un acontecimiento histórico relacionado con la temática que introduzca el cuestionario inicial; la formulación de preguntas clave y problemas de forma secuencial y gradual de acuerdo con su complejidad, y por último la introducción de casos prácticos a lo largo de la secuencia de actividades para trabajar conceptos básicos y organizadores. Por otro lado, se han considerado varios puntos destacables de lo acontecido en el



curso 2019/2020, fuera del marco de la REFID. Estos últimos pueden resumirse en una mejora en la implicación del estudiante y de la retroalimentación alumno-profesor. Todo ello, tomando como base la aplicación de una serie de actividades dirigidas, una por cada tema, para realizar de forma individual, que tuvieron gran aceptación por parte de los alumnos y un buen resultado en su aprendizaje. Según Biggs (2005), el nuevo reto en el EEES es alinear de forma coherente la práctica docente con las actividades de enseñanza-aprendizaje a realizar y la evaluación de los contenidos trabajados. Así, a la vista de estos resultados se ha planteado como punto de partida para el curso 2020-2021 un prediseño del CIMA que tiene como base una combinación de lo empleado en el curso anterior 2019-2020, basado en el planteamiento de actividades fuera de clase, que en este caso serán grupales o individuales, así como las posibles mejoras planteadas durante la aplicación del CIMA 2015/2016 en la misma asignatura.

Mapa de contenidos y problemas clave. Cuestionarios inicial y final

La integración e interrelación entre contenidos es fundamental para formar mejores profesionales y buenos ciudadanos. Además, según Novak (2016), los conceptos no adquieren un significado profundo hasta que no se encuentran enmarcados y relacionados en una “red de conceptos”, de ahí la importancia de la realización de mapas conceptuales, asociados a cada tema concreto, constituyendo así un sistema complejo, coherente, jerarquizado y organizado. Así, ante la resolución de un problema concreto, las flechas dobles o simples entre contenidos en un mapa representarían la interrelación entre ellos, o el sentido habitual en que se deriva el mismo, poniendo en juego una diversidad de conocimientos relacionados entre sí para llegar a alcanzar una comprensión global del problema.

Las figuras 1 y 2 se corresponden con los mapas de contenidos desarrollados para el trabajo de los temas 1 y 2 del primer CIMA. En todos ellos, los contenidos contextuales aparecen en rojo, los organizadores en azul oscuro, los secundarios en azul claro, procedimentales en amarillo y actitudinales en verde. Hay que destacar que como algunos contenidos que habían sido trabajados como conceptos organizadores en otros cursos académicos han sido eliminados de la propuesta anterior, como es el caso del *movimiento circular uniforme*; o han pasado a ser contenidos de tipo secundario, como el caso de los conceptos de *inercia*, *precisión*, *exactitud* y *sensibilidad*. El caso del movimiento circular se seguirá viendo de forma someramente descriptiva pero no formará parte de los contenidos a evaluar. En el caso del resto de contenidos, que pasan a ser de carácter secundario, se debe a que son fáciles de comprender por el alumnado y no requieren de una implicación exhaustiva del profesor para lograr su correcto aprendizaje.

Para trabajar estos contenidos se plantea la realización de casos prácticos a realizar en clase y preguntas clave, ambos designados en el mapa como P_i ($i = 1-n$) y C_i ($i = 1-n$), respectivamente. La duración estimada para impartir el tema 1 es de 4 horas, y esta sección del tema 2 es de 9 horas, incluyendo 4 horas adicionales de actividades que realizarán los alumnos fuera de clase y en grupos de alumnos designadas como tareas. Algunos ejemplos de casos prácticos se presentarán posteriormente en la descripción de la secuencia de actividades programada. Así mismo, las preguntas clave diseñadas y seleccionadas para trabajar el tema 1 (incluidas dentro del mapa de contenidos como P_i ($i = 1-6$), y que constituirán el cuestionario inicial y final del tema de *errores en las medidas experimentales* fueron las siguientes:

- 1) *¿Qué es para ti el concepto de magnitud física?*

- a) Una propiedad cualquiera no tangible; b) Una propiedad de la materia que se pueda cuantificar o medir; c) Una propiedad de la materia medible y sujeta a un cierto error o incertidumbre.
- 2) Una hebra de ADN mide como promedio 2 mm. ¿Cuántos nanómetros son?
- (NOTA: Emplee el factor de conversión apropiado).
- a) 200 nm b) 20 nm c) 2000 nm.
- 3) Justifique por qué la masa es una magnitud directa y la velocidad es una magnitud indirecta.
- 4) Las dimensiones de la fuerza = masa · aceleración son:
- a) $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-1}$ b) $M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$ c) $M \cdot L \cdot T^{-2}$
- 5) Asigne en cada apartado el tipo de error detectado (aleatorio, sistemático o ilegítimo):
- a) Midiendo con el espectrofotómetro me doy cuenta de que hay un desplazamiento equivalente en la línea base en todos los experimentos.
- b) Cuando voy a medir la densidad de un compuesto me equivoco en la preparación de la muestra y peso menos cantidad de reactivo manteniendo el mismo volumen.
- c) La pesada de 100 mililitros de agua medidos con una probeta en una balanza da las siguientes lecturas: 100,05 g; 99,98 g; 99,99 g; 100,02 g; 100,01g.
- 6) Indique si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.
- a) Una medida es exacta cuando al realizar un conjunto de medidas de una misma magnitud el valor medio se desvía poco del valor verdadero.
- b) Cuando escribo el número 13,75 g derivado de una medida experimental estoy afirmando que tiene 2 cifras significativas.
- c) La aceleración es un vector y la aceleración media es un escalar.



- d) La medida de la densidad de un fármaco resultó ser de 1.05 g/cm³, el valor tabulado es de 1.00 g/cm³, por tanto, el error absoluto es del 5%.
- e) Para expresar correctamente una magnitud física experimental es necesario indicar su valor medio y la desviación estándar.
- f) Empleando las reglas de redondeo exprese el siguiente número con dos cifras significativas: 325

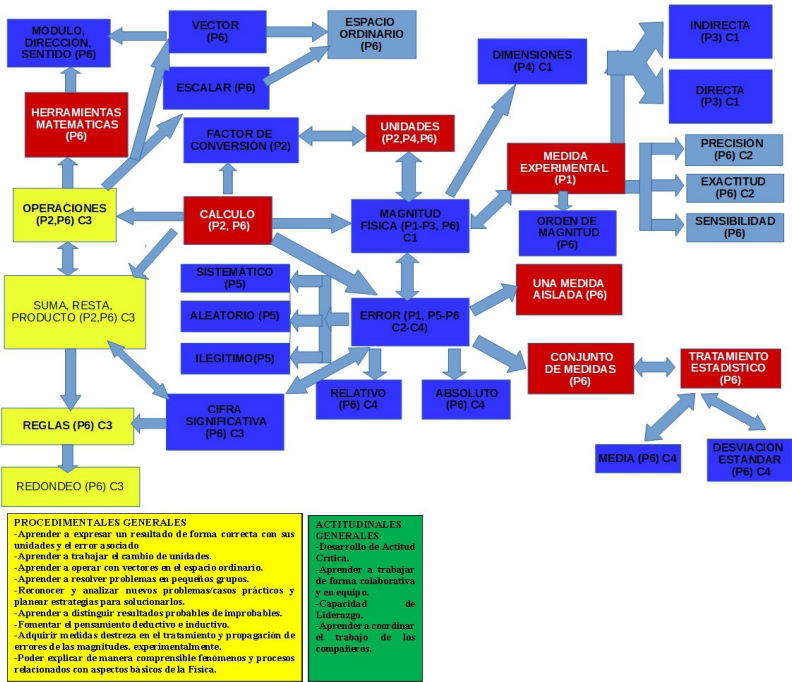


Figura 1. Mapa de contenidos del tema 1, errores en las medidas experimentales, primer CIMA

Las preguntas clave diseñadas y seleccionadas para trabajar el tema 2, incluidas dentro del mapa de contenidos como Pi (i =1-8) y que constituirán los cuestionarios inicial y final del tema de mecánica de partículas fueron las siguientes:



- 1) ¿Cuándo puede afirmarse que un cuerpo se está moviendo? ¿Cómo podría seguirse matemáticamente dicho movimiento?
- 2) Indique si las siguientes magnitudes son vectores o escalares y defina brevemente su significado: a) La velocidad media; b) El desplazamiento; c) la aceleración y d) el módulo de la velocidad media; e) la velocidad instantánea.
- 3) Verifique o refute la siguiente afirmación: “Conocida la velocidad y la posición puedo determinar la aceleración que experimenta un objeto que se mueve en una única dirección y que está sometido a una determinada aceleración uniforme”.
- 4) Verifique o refute las siguientes afirmaciones:
 - a) La ecuación de la trayectoria de un sistema físico se determina a partir de las ecuaciones del movimiento eliminado en ellas la variable tiempo.
 - b) Las ecuaciones del movimiento en el tiro parabólico en las direcciones x e y son dependientes una de la otra.
- 5) Dibuje el diagrama de fuerzas y aplique la segunda ley de Newton sobre un trineo que es tirado por un arce teniendo en cuenta que la cuerda forma 25° con el suelo. Para simplificar su representación suponga que el trineo es una caja.
- 6) La posición de un objeto de masa m en función del tiempo viene dada por la expresión $x(t) = 3t^{5/2} + 3t + 0.5$. La fuerza instantánea que actúa sobre el cuerpo es proporcional a:
 - a) $t^{1/2}$; b) $t^{3/2}$; c) $t^{-1/2}$
- 7) Seleccione con una cruz la respuesta correcta y justifique su respuesta:

“Si la fuerza neta que actúa sobre un cuerpo es cero, entonces...”

- a) El cuerpo permanece siempre en reposo.



- b) El cuerpo permanece en su estado de movimiento.
- c) El movimiento del cuerpo será uniformemente acelerado.
- 8) Describa brevemente las tres leyes de Newton.



Figura 2. Mapa de contenidos referentes al tema 2 de Mecánica, primer CIMA

Respecto al segundo CIMA, desarrollado completamente dentro del entorno virtual, hay que destacar como algunos contenidos que habían sido trabajados también como conceptos organizadores en otros cursos académicos fuera de la REFID, han pasado a considerarse como conceptos secundarios. Este es el caso de la *Viscosidad Dinámica* y *Cinemática* en el tema de fluidos. Además, en el tema de termodinámica se han obviado algunos conceptos como *Coefficiente de Dilatación Térmica* y de *Compresibilidad*

Isotérmica, que se nombrarán en la explicación someramente y no serán considerados en la evaluación. La duración estimada para la realización del segundo CIMA es de un total de 14 horas, 4 para el tema de mecánica de fluidos y 10 para trabajar el tema de termodinámica, incluyendo 4 horas adicionales de actividades que realizarán los alumnos fuera de clase y en grupos de alumnos designadas como tareas.

Algunas de las preguntas clave trabajadas en el segundo CIMA dentro del tema de fluidos fueron las siguientes:

- 1) *¿Atendiendo a qué propiedades caracterizarías el movimiento de los fluidos?*
- 2) *¿Quién ejerce más presión sobre el suelo? a) Un elefante de dos toneladas que se apoya sobre una de sus patas de 500 cm^2 de superficie. b) Una bailarina de 50 kg que se apoya sobre la punta de uno de sus pies de 3 cm^2 de superficie. Dato: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.*
- 3) *El cloroformo, cuya densidad es $1,5 \text{ g/mL}$, es un líquido incoloro e insoluble en agua. Supón que utilizas un tubo en U y agua para medir la densidad del cloroformo. ¿Cuál de los dos líquidos, agua o cloroformo, alcanzará un nivel más alto? Justifica tu respuesta.*
- 4) *Imagine que tiene un fluido ideal contenido en un tanque de gran superficie y de altura h , con un pequeño orificio a la salida. ¿De qué parámetros depende la velocidad del fluido a la salida del orificio?. Indique las aproximaciones realizadas.*
- 5) *Escriba las ecuaciones de Poiseuille y de Bernoulli, e indique en cada caso las propiedades de las que depende el caudal, $Q = v \cdot S$, en fluidos ideales y reales.*

En cuanto al tema de termodinámica, algunas de las preguntas clave trabajadas fueron las siguientes:

- 1) *¿Qué entiendes por gas ideal? ¿Conoces su ecuación de estado?*
- 2) *Enumera las funciones de estado termodinámicas que conozcas e indica cuáles de ellas crees que son fundamentales para estudiar cualquier proceso fisicoquímico.*
- 3) *¿Cómo se modifican en general la presión y el volumen respecto al gas ideal al considerar la interacción entre partículas existente en un gas real?. Ponga un ejemplo de ecuación de estado para un gas real.*
- 4) *¿Cuál es la diferencia fundamental entre las funciones de estado energía interna y entalpía?*
- 5) *¿Dónde será mayor la diferencia entre la variación de entalpía y de energía interna, en un sistema que se encuentra en estado sólido o en estado gaseoso?*

Nota: Suponga que el sistema cambia el valor de las variables de estado P , V y T en el proceso.

Debido a su complejidad, las preguntas clave 4 y 5 de termodinámica fueron trabajadas en clase, pero no fueron formuladas en el cuestionario inicial.

Modelo metodológico posible y secuencia de actividades

Los principios didácticos como principios-guía para la acción constituyen el esqueleto de nuestro *modelo didáctico personal*, que es una determinada forma coherente de entender cómo funciona, y cómo debería funcionar, el sistema didáctico (Porlán, 2017). Este modelo didáctico, usado de forma razonada y flexible, constituye, además, una herramienta clave para el diagnóstico de la docencia y para establecer estrategias concretas de mejora (Porlán, 2017). En este sentido, los *principios didácticos* que servirán



como guía y sustento habitual de la práctica docente son: *la implementación de un aprendizaje más colaborativo y autónomo*, dos aspectos complementarios que potencian el desarrollo integral y el aprendizaje global del alumno, donde la responsabilidad personal en el desarrollo grupal es de gran importancia (Yaniz y Villardon, 2006). Para ello se propone realizar ejercicios/casos prácticos en grupos reducidos de alumnos durante el desarrollo de las clases y también fuera del aula; así como proponer la resolución de *preguntas clave* y de *cuestiones* planteadas por el profesor tanto en el desarrollo de las clases como en los cuestionarios iniciales y finales a la práctica docente. El modelo metodológico que se ha empleado este curso académico como CIMA inicial incluye algunas modificaciones consideradas en las propuestas de mejora del curso 2015/2016 realizada sobre la misma asignatura (Grueso, 2016), y comprende algunas adaptaciones al entorno virtual. Estas son las siguientes:

(i) Se elimina la necesidad de introducir el cuestionario inicial con un acontecimiento histórico que es sustituido por el empleo de un documento introductorio sobre el tema que empleará el profesor para captar la atención del alumnado.

(ii) El sondeo inicial y final se realizará empleando la plataforma de Blackboard Collaborate tanto de forma presencial como desde el aula virtual.

(iii) Para cada concepto organizador se planteará una de las cuestiones del cuestionario inicial o similar, se llevará a cabo una pequeña explicación teórica por parte del profesor y se trabajará en grupos reducidos de alumnos dentro de clase a través de Blackboard Collaborate o a través del entorno virtual en sesiones síncronas.

(iv) Después del sondeo final se plantea a los alumnos un trabajo de tipo grupal y de refuerzo de los contenidos organizadores y para el trabajo de los conceptos secundarios. Este trabajo se llevará a cabo fuera del aula. El grupo propondrá un líder que será el representante del grupo

para cada tema del curso. El líder/representante cambiará a lo largo de los diferentes temas de forma que los cinco componentes actúan al menos una vez como líder del grupo. Se propondrá un pequeño trabajo por cada tema y el líder repartirá y coordinará el trabajo.

Así mismo, dentro del modelo metodológico personal de la Figura se distinguen 3 etapas bien diferenciadas, o momentos diferentes de la práctica docente:

- Etapa 1. El profesor introduce el tema empleando un documento introductorio destinado a captar la atención del alumnado y asociados al tema, se describen los contenidos en base al mapa de contenidos, y se realiza el cuestionario exploratorio inicial empleando la plataforma de Blackboard Collaborate, tanto de forma presencial como desde el aula virtual.
- Etapa 2. En primer lugar, se realiza una explicación teórica de los conceptos organizadores seleccionados, y después se trabajan los contenidos mediante ejercicios/casos prácticos. Además, en el transcurso de esta etapa, el profesor puede realizar cuestiones adicionales para mejorar la comprensión de los contenidos, empleando de forma adicional algunas cuestiones del cuestionario inicial.
- Etapa 3. El alumno emplea los conocimientos adquiridos en el tema para la resolución de un problema clave que engloba los conocimientos adquiridos. Después, este resuelve de nuevo el cuestionario inicial, con algunas modificaciones si es necesario, y se resumen las conclusiones más relevantes ayudándose del mapa de contenidos. Finalmente, y fuera del aula, el alumno emplea los conocimientos adquiridos en el tema para la resolución de casos prácticos en grupos reducidos de un máximo de 5 alumnos.

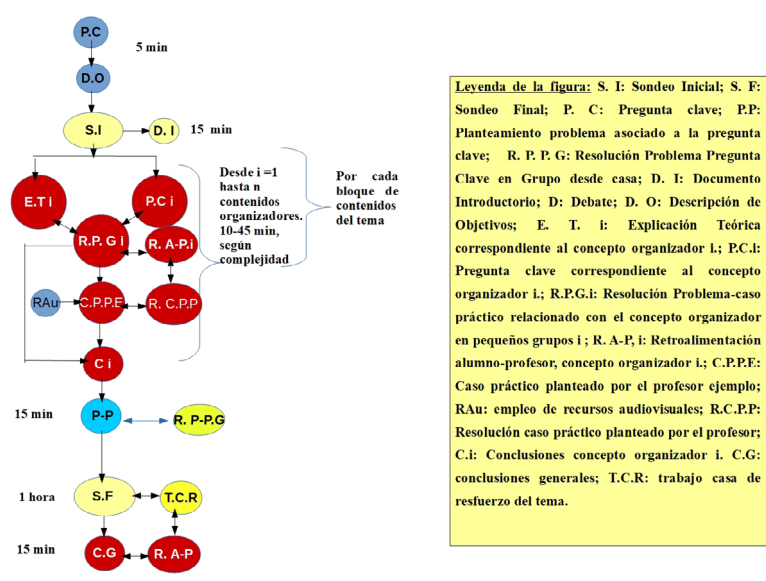


Figura 3. Modelo metodológico personal propuesto para el desempeño del primer CIMA

En el segundo CIMA el modelo metodológico empleado sufre algunas modificaciones compatibles con los resultados obtenidos en el primer CIMA. Al desarrollarse el segundo CIMA en su totalidad en el entorno virtual, dichas modificaciones son, fundamentalmente propuestas de mejora y adaptación al entorno virtual. Estas son las siguientes:

- (i) Se incluye la posibilidad de plantear fichas de actividad para trabajar los conceptos organizadores más complejos como paso previo a la realización de casos prácticos.
- (ii) El sondeo final se realizará empleando la plataforma de Blackborad Collaborate fuera del horario de clase para aliviar problemas relacionados con las limitaciones de tiempo.
- (iii) Se plantea como trabajo de evaluación continua y para fomentar el interés por la asignatura y el espíritu crítico del alumno, la realización y resolución de un caso

práctico por parte del alumno de algún aspecto relacionado con la asignatura. Se proporcionará una plantilla para su realización y se valorará como actividad de evaluación continua en la calificación final.

(iv) Se incluye distinción dentro del modelo metodológico entre el trabajo dentro del horario lectivo y fuera del aula. Nótese como la flecha de líneas punteadas implica que el caso práctico a propuesta del alumno está conectado tanto al trabajo dentro como fuera del aula dentro de la planificación completa de la asignatura.

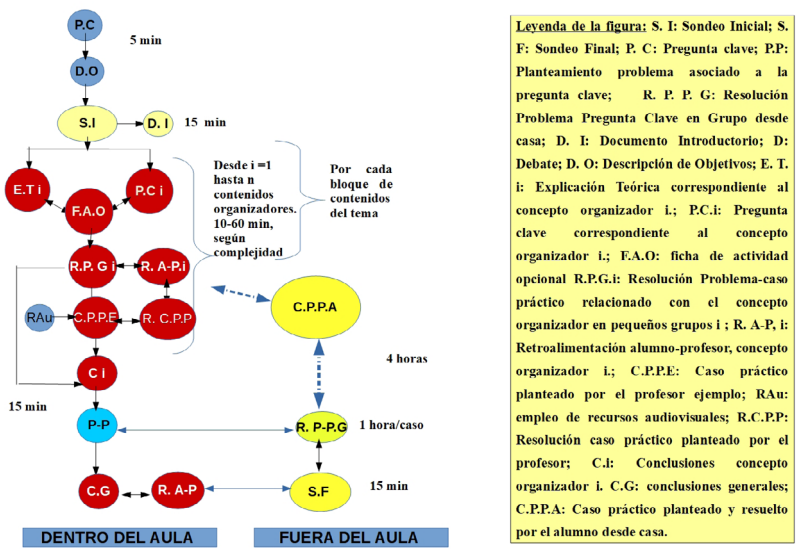


Figura 4. Modelo metodológico personal propuesto para el desempeño del segundo CIMA

Por otra parte, en la Figura 5, se detalla un ejemplo de secuencia de actividades programada correspondientes al primer ciclo de mejora.

ACTIVIDAD (CONCEPTO OBJETIVO SEGUN MAPA DE CONTENIDOS)	Nº DE	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	TIEMPO ESTIMADO/ETAPA MODELO METODOLÓGICO
1. CUESTIONARIO INICIAL		Se llevará a cabo la realización del cuestionario inicial del tema de forma individual y a través de la plataforma Blackboard Collaborate, empleando las preguntas clave propuestas. Previamente se introducen los objetivos del tema empleando un documento introductorio basado en una noticia de actualidad.	15 MIN (ETAPA 1)
2. CONCEPTOS ORGANIZADORES MAGNITUD FÍSICA Y TIPOS, UNIDADES, Y FACTORES DE CONVERSIÓN		Breve explicación teórica de los contenidos. Se trabajan en grupos de alumnos las preguntas 1-3 del cuestionario. Retroalimentación alumno-profesor. No es necesario realizar casos prácticos adicionales para facilitar la comprensión de estos contenidos.	10 MIN (ETAPA 2)
3. CONCEPTO DE DIMENSIÓN DE UNA MAGNITUD FÍSICA		Breve explicación teórica del contenido. Se trabajan en grupos de alumnos las pregunta 4 del cuestionario. Retroalimentación alumno-profesor. Se realiza el caso práctico 1	15 MIN (ETAPA 2)
4. TIPOS DE ERRORES, CONCEPTO DE PRECISIÓN Y EXACTITUD		Breve explicación teórica de los contenidos. Se trabajan en grupos de alumnos las pregunta 5 del cuestionario. Se realiza el caso práctico 2.	15 MIN (ETAPA 2)

TAREA 1

ALUMNOS/AS COMPONENTES DEL EQUIPO:

ALUMNO/A COORDINADOR/A DEL GRUPO DE TRABAJO

En la siguiente tabla se muestra el tiempo transcurrido (en meses) entre la aparición de una enfermedad y su recurrencia para 10 pacientes. Calcule:

A) la media y la desviación estándar del conjunto de datos de la tabla adjunta.

B) el error absoluto y relativo del conjunto de datos. Exprese el resultado de forma correcta

C) el error absoluto y relativo respecto al tercer dato de la tabla. Exprese el resultado de la tercera medida de forma correcta.

D) Usando el concepto de orden de magnitud, compare el tiempo medio transcurrido entre la aparición de la enfermedad y su recurrencia que se expresa en la tabla adjunta con los días de cuarentena en el caso de infección covid. Exprese el resultado en días.

PACIENTE	TIEMPO (meses)
1	2.1
2	2.7
3	2.4
4	2.4
5	3.5
6	3.9
7	1.6
8	3.3
9	4.4
10	3.7

Figura 5. Ejemplo de secuencia de actividades y programada y de caso práctico propuesto como tarea fuera del aula dentro del primer CIMA

La aplicación del modelo metodológico posible requiere del diseño de una secuencia de actividades coherente que sirva para recoger con detalle todo aquello que en principio se pretende trabajar en el aula. De esta forma, las actividades deben ser entendidas como la “unidad de programación e intervención”. En cada una de ellas se detalla el tiempo designado para la actividad, las herramientas docentes a emplear, el objetivo que se pretende y la parte del modelo metodológico a la que corresponde (Porlán, 2017). Como puede verse a partir de la figura, las actividades se proponen en torno a determinados conceptos recogidos en el mapa de contenidos como *magnitud física, dimensión, precisión o exactitud*. Además, dichas actividades se basaron en el trabajo de casos prácticos dentro del aula, o cuestiones de índole reflexiva planteadas por el profesor, así como también de las cuestiones planteadas en los cuestionarios inicial y final en sus diversas etapas.

Adicionalmente, en la misma figura, puede visualizarse un ejemplo de tarea propuesta para la realización en grupos de alumnos y fuera del aula que sirve para reforzar contenidos y fomentar el aprendizaje cooperativo y colaborativo entre alumnos. La idea es que este aprendizaje sea “auto-dirigido” (Marcelo, 2010), y que el protagonismo recaiga sobre el alumnado, siendo el profesor un guía y orientador del proceso.

Aplicación del CIMA

La evaluación es un paso fundamental dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, pues a través de ella se valora el nivel de consecución de los objetivos, la adquisición de competencias, y el aprendizaje de contenidos que ha llegado a alcanzar el alumno. Desde este punto de vista, la evaluación es lo primero en lo que piensa el alumno, preocupado habitualmente por preparar el examen y adaptarse a lo que exige el profesor y, al mismo tiempo, lo último en lo que piensa el profesor, que debe finalmente, calificar o acreditar al alumno (Bernal, 2006). No obstante, si el profesor desea obtener buenos resultados en el aprendizaje del alumno debe tener siempre presente también la evaluación en sus etapas intermedias. En este sentido, durante el transcurso de las clases se han trabajado las preguntas clave del cuestionario para introducir los conceptos a trabajar en la etapa 2 del CIMA. A continuación, se recogen algunos aspectos destacables sobre todo en relación a las cuestiones planteadas y los casos prácticos.

Relato resumido de las sesiones

En primer lugar, cabe destacar el clima y el ambiente de trabajo en el aula. A diferencia de otros cursos académicos se observa un ambiente más frío, debido quizás a las medidas de seguridad en relación a la pandemia COVID-19.

Los alumnos mantienen en todo momento la distancia de seguridad y resulta más dificultoso conseguir un ambiente distendido, relajado y propicio para el aprendizaje. No obstante, he de señalar, que el silencio dentro del aula también ha fomentado y facilitado la reflexión individual del alumnado en torno a los casos prácticos y cuestiones planteadas. Por otro lado, es curioso como el clima de trabajo fuera del aula es diferente, tanto en remoto como en las clases completamente virtuales, donde se observa como el alumno no tiene dificultades para plantear dudas, sugerencias y/o comentarios a través del chat de la plataforma virtual Blackboard Collaborate. También es frecuente el planteamiento de dudas vía e-mail al profesor.

Cabe destacar como a pesar de que se ha tratado de simplificar el número de contenidos a trabajar, se denota como algunos siguen resultando dificultosos para el alumnado. Este es el caso por ejemplo del concepto *dimensión de una magnitud física*, trabajado en la actividad 3 recogida en la Figura 5. Este concepto se trabajó en relación a un caso práctico. No obstante, fue necesario incluir un caso adicional para reforzar el aprendizaje del alumnado a petición de estos. Otro ejemplo de ello, lo constituye la explicación del *método integral para la resolución de ejercicios de mecánica*, trabajado con cuestiones y un caso práctico, que requirió para su comprensión la realización de múltiples ejercicios y casos adicionales a lo largo de la intervención docente. En el contexto del segundo ciclo de mejora, han destacado por su complejidad en asimilación las funciones de estado *entalpía*, *energía interna* y *entropía*, así como las relaciones existentes entre estos conceptos.

Las preguntas de los cuestionarios inicial y final fueron bien trabajadas y recibidas por el alumno, en la mayoría de los casos a través de la plataforma virtual. No obstante, hay que señalar que en el caso de las cuestiones clave del cuestionario final, planteadas en el tema de mecánica, estas fueron entregadas vía email después de la finalización



del tema, todo ello para ajustarse al tiempo destinado a dicho capítulo dentro de la programación de la asignatura. De hecho, en el segundo CIMA que se realiza de forma completamente virtual, el cuestionario final se realiza fuera del horario de clase.

Es digno de mención lo sucedido en relación al trabajo de los casos prácticos propuestos como tarea grupal. En concreto, se propone la entrega de 10 casos prácticos relacionados con la temática de la asignatura y en cada uno de ellos se designa un alumno coordinador. Las calificaciones obtenidas se encontraron en su mayoría entre el notable alto y el sobresaliente, lo cual denota la alta implicación del alumnado. Los grupos se establecieron libremente a través de la plataforma virtual. A pesar de que la tarea estaba prevista para ser grupal, muchos de los alumnos solicitaron realizarla individualmente. Así, un 63% de los alumnos realizaron trabajos en grupo, de los cuales un 40% de ellos lo hizo en grupos de 5 alumnos, un 9% en grupos de 3 y un 14% en grupos de dos. El 37% restante lo realizó de forma individual con todo el volumen de trabajo que ello supone. Este hecho es significativo, y podría estar relacionado con ciertos cambios a nivel organizativo y social que surgen como consecuencia de la pandemia COVID-19.

Por último, y como en otras ocasiones, las fichas de actividad sirvieron para reforzar contenidos y facilitar el aprendizaje del alumnado de conceptos organizadores complejos, siendo de nuevo muy relevante la participación e implicación del alumnado.

Evaluación del aprendizaje de los estudiantes

Antes de la aplicación formal de los aspectos relativos al prediseño del CIMA, detallado anteriormente, es

conveniente explorar los conocimientos previos de los estudiantes. Esto se realiza con un cuestionario inicial, que puede después cotejarse con otro final. Los resultados permiten explorar los conocimientos previos y trabajar ideas preconcebidas, importantes de aclarar inicialmente, introduciendo al alumno además en el contexto del tema. Sin embargo, los procesos cognitivos por los cuales los estudiantes tratan de dar significado a lo que pretendemos enseñar son muy difíciles de desentrañar. Así, de forma indirecta, puede accederse a ellos a través de sus expresiones orales, escritas, la forma en que resuelven una actividad, los dibujos con los que representan un fenómeno, o sus propias acciones, siendo los cuestionarios en papel uno de los elementos más apropiados para este fin (Porlán, 2017) (Corronchano, Gómez, Sevilla y Pampín, 2017). Una vez aplicados, es preciso clasificar y analizar las respuestas, tratando de identificar los niveles en los que se encuentran los estudiantes y sus obstáculos para pasar de un nivel a otro. Todo este proceso requiere agrupar las respuestas en torno a aquellas que representan una misma idea de fondo, ordenarlas, analizarlas y establecer conclusiones. Teniendo en cuenta todo ello, podemos hacer una hipótesis de progresión del aprendizaje, representando los niveles y obstáculos detectados en una “escalera de aprendizaje”, comparando los resultados de los cuestionarios iniciales y finales (Porlán, 2017). A modo de ejemplo, la Figura 6 representa en forma de peldaños los diferentes modelos de pensamiento identificados (del modelo más simple, el E, al más complejo y cercano a la realidad física, el A), así como las dificultades que debe superar el alumno para pasar de un peldaño a otro en los cuestionarios inicial y final, correspondientes a la pregunta clave nº 3 del tema 1.

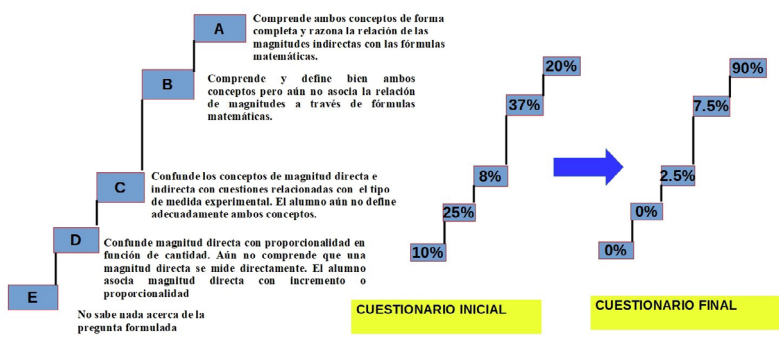


Figura 6. Modelos de pensamiento identificados en la pregunta 3 del Tema 1 representados en la escalera de aprendizaje, primer CIMA

Una vez analizados los resultados obtenidos en los cuestionarios inicial y final estos se expresan en forma de porcentajes de respuesta asociados a cada uno de los modelos identificados y se recogen en las Tablas 1 y 2. Los resultados obtenidos para ambos temas muestran una evolución clara en el aprendizaje del alumno. No obstante, en el caso del tema 2 esta evolución es mucho más marcada. Como puede deducirse a partir de los datos de la tabla 1, en el cuestionario inicial la distribución de alumnos en los modelos E, D y C, más alejados de la realidad física, varía entre un 5% y un 90%, siendo la media de todos ellos de un 41%. En cambio, en el caso del cuestionario inicial correspondiente al tema 2, estos datos varían entre un 52% y un 90%, siendo la media de un 72%, que es significativamente mayor que aquella obtenida en el cuestionario inicial del tema 1. Esto denota claramente como los conocimientos previos en relación al tema de *errores* son mayores que aquellos relacionados con el tema de *mecánica*. Esto puede ser debido a que la mayor parte de los alumnos provienen del Bachiller de Ciencias de la Salud y no han visto Física desde la ESO, con lo cual los conocimientos previos sobre el tema son mucho más escasos. En cambio, el primer tema que versa sobre los *errores en las medidas experimentales* tiene un carácter mucho más

interdisciplinar y posiblemente haya sido estudiado en otras asignaturas de forma previa.

Tabla 1. Evolución del aprendizaje de los alumnos a través de los resultados del cuestionario inicial y final correspondientes al Tema 1 (Primer CIMA)

PRIMER CICLO DE MEJORA. TEMA 1										
PREGUNTA Nº	CUESTIONARIO INICIAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)					CUESTIONARIO FINAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)				
P1	A (34%)	B (61%)	C (5%)			A (64%)	B (36%)	C (0%)		
P2	A (0%)	B (10%)	C (70%)	D (20%)		A (51%)	B (46%)	C (3%)	D (0%)	
P3	A (20%)	B (37%)	C (8%)	D (25%)	E (10%)	A (90%)	B (7.5%)	C (2.5%)	D (0%)	E (0%)
P4	A (0%)	B (62%)	C (38%)			A (30%)	B (68%)	C (2%)		
P5	A (65%)	B (22%)	C (8%)	D (4%)		A (87%)	B (13%)	C (0%)	D (0%)	
P6a	A (0%)	B (59%)	C (41%)			A (33%)	B (67%)	C (0%)		
P6b	A (0%)	B (64%)	C (36%)			A (35%)	B (63%)	C (2%)		
P6c	A (0%)	B (80%)	C (20%)			A (38%)	B (62%)	C (0%)		
P6d	A (0%)	B (42%)	C (53%)	D (5%)		A (35%)	B (60%)	C (5%)	D (0%)	
P6f	A (0%)	B (29%)	C (71%)			A (35%)	B (65%)	C (0%)		
P6g	A (20%)	B (20%)	C (4%)	D (48%)	E (8%)	A (73%)	B (23%)	C (0%)	D (4%)	E (0%)

Por otro lado, cuando se analizan los datos del cuestionario final en ambos casos, los resultados son muy similares, alcanzándose un 99% y un 96% de las respuestas distribuidas entre los modelos A y B, más cercanas a la

realidad física en las cuestiones correspondientes a los temas 1 y 2, respectivamente, lo cual denota una evolución muy positiva de la clase. De hecho, si se analizan de forma comparativa los resultados de los cuestionarios inicial y final en ambos temas, puede deducirse fácilmente que se han logrado mejores resultados, en cuanto a evolución de aprendizaje del alumno, en el segundo tema, el correspondiente a *mecánica*. Todo ello, a pesar de que los conocimientos iniciales sobre este tema eran más deficientes.

Tabla 2. Evolución del aprendizaje de los alumnos a través de los resultados del cuestionario inicial y final correspondientes al Tema 2 (Primer CIMA)

PRIMER CICLO DE MEJORA. TEMA 2										
PREGUNTA Nº	CUESTIONARIO INICIAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)					CUESTIONARIO FINAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)				
P1	A (0%)	B (37%)	C (23%)	D (40%)		A (93%)	B (3.5%)	C (3.5%)	D (0%)	
P2	A (0%)	B (23%)	B' (13%)	C (27%)	D (37%)	A (83%)	B (17%)	B' (0%)	C (0%)	D (0%)
P3	A (0%)	B (10%)	C (3%)	D (87%)		A (13%)	B (84%)	C (3%)	D (0%)	
P4a	A (0%)	B (20%)	C (30%)	D (50%)		A (57%)	B (37%)	C (6%)	D (0%)	
P4b	A (10%)	B (17%)	C (27%)	D (46%)		A (83%)	B (10%)	C (7%)	D (0%)	
P5	A (0%)	B (30%)	C (33%)	D (37%)		A (87%)	B (10%)	C (3%)	D (0%)	
P6	A (0%)	B (13%)	C (33%)	D (54%)		A (57%)	B (30%)	C (10%)	D (3%)	
P7	A (0%)	B (48%)	C (10%)	D (42%)		A (90%)	B (6.5%)	C (3.5%)	D (0%)	
P8	A (0%)	B (32%)	C (39%)	D (29%)		A (100%)	B (0%)	C (0%)	D (0%)	

A continuación, y a modo de ejemplo, se comentan brevemente el significado de los modelos en las diferentes preguntas recogidas en la Tabla 1. Un análisis similar

puede realizarse para las cuestiones relacionadas con la Tabla 2.

Para la pregunta 1 del tema 1 se detectaron 3 modelos diferentes: en el modelo A, el alumno comprende perfectamente el concepto de error y su relación íntima con el concepto de error; en el modelo B, el alumno comprende el concepto, pero no asocia la existencia del error inherente al proceso de medida; y finalmente, en el modelo C, el alumno no comprende el significado de magnitud física. En esta pregunta es destacable como existe un porcentaje de alumnos que ya se sitúan inicialmente muy cerca del último peldaño, aunque en el cuestionario final hay un remanente importante de alumnos aún en el modelo B.

En el caso de la pregunta 2 se observan 4 modelos diferentes: en el modelo A, el alumno realiza el cálculo correctamente expresando las unidades, y además justifica su respuesta; en el modelo B, el alumno comprende bien el concepto, pero no justifica su respuesta; el modelo C, en el cual el alumno expresa bien el resultado numérico, pero no las unidades asociadas; y, el modelo D, en el que el alumno confunde el significado de micrómetro con el de nanómetro y se observan errores de cálculo. Es destacable como el porcentaje de alumnos que justifica su respuesta es algo superior al 50%, frente al correspondiente a los alumnos que no la justifica y se limita a responder el resultado numérico final, que es de un 46%. Todo ello quizás, porque el alumno está más acostumbrado a realizar ejercicios que impliquen cálculos numéricos, en lugar de ejercicios de reflexión o razonamiento.

En relación a la pregunta 3, de la cual ya se analizaron los modelos y obstáculos (véase Figura 5), es destacable que como muchos alumnos en el cuestionario inicial confunden los conceptos de *magnitud física directa e indirecta*, relacionándolos con cuestiones de *proporcionalidad*,

o incluso con cuestiones de índole práctica relacionada con el dispositivo de medida empleado para la determinación del valor de la magnitud en el laboratorio. Personalmente, cuestiones como estas jamás se me hubieran pasado por la cabeza, hecho que denota la utilidad del empleo de los cuestionarios para explorar las ideas previas del alumnado.

Respecto a la cuestión número 4, en torno al concepto de *dimensión de una magnitud física*, los resultados también me han sorprendido bastante, ya que son muy buenos, incluso en el cuestionario inicial, si se tiene en cuenta la complejidad que tiene el concepto de dimensión física para el alumno de forma habitual. Se han detectado 3 modelos diferentes: el modelo C, que implica que el alumno no determina las dimensiones correctas de la fuerza; el modelo B, en el cual el alumno determina las dimensiones correctas, pero no justifica su respuesta; y el modelo A, donde además el alumno justifica su respuesta. Si imaginásemos en este caso la distancia entre el peldaño B y el A, ésta no sería muy marcada, y los resultados finales entre los modelos A y B son bastante adecuados (98%). No obstante, vuelve a comprobarse, al igual que sucedía con la pregunta 2, cómo el porcentaje de alumnos que justifica su respuesta es tan sólo del 30%.

En cuanto a la pregunta 5, se distinguen aquí 4 modelos: el modelo D (sólo en el cuestionario inicial) para el cual el alumno no sabe nada acerca de la pregunta formulada; el modelo C, en el cual el alumno confunde los 3 tipos de errores experimentales; el modelo B, donde el alumno confunde en una ocasión un tipo de error con otro; y el modelo A, donde el alumno distingue perfectamente los distintos tipos de errores. Los resultados del cuestionario inicial y final denotan como la distinción entre los tipos de errores asociados a las medidas experimentales son conceptos más o menos intuitivos para el alumno y fáciles de asimilar.

La pregunta 6a, implica sólo 3 modelos diferentes: el modelo C, en el cual el alumno los conceptos de precisión y exactitud; el modelo B, donde el alumno comprende el concepto de precisión, pero no justifica su respuesta; y el modelo A, donde el alumno además justifica su respuesta. En este caso, al igual que en la pregunta 2 y 4, se observa tan solo un 33% de los alumnos en el modelo A, que implica justificar la respuesta de forma razonada lo cual denota la necesidad de trabajar mejor este aspecto en posteriores CIMA.

La pregunta 6b implica también 3 modelos diferentes: el modelo C, en el que el alumno no comprende el concepto de cifras significativas; en el modelo B, el alumno enumera bien las cifras significativas asociadas, pero no justifica su respuesta; y en el modelo A, el alumno justifica además su respuesta. De nuevo, la diferencia a nivel de altura del peldaño en la escalera es mínima, pero se vuelve a evidenciar cómo el alumno no acostumbra a razonar sus respuestas.

La pregunta 6c, implica 3 modelos diferentes: en el modelo C, el alumno confunde el concepto de vector y escalar; en el modelo B, el alumno comprende sus diferencias, pero no justifica su respuesta; y en el modelo A, además justifica la respuesta. De nuevo, aunque los resultados en el cuestionario final son bastante buenos, se vuelve a observar un bajo porcentaje de alumnos en el modelo A, que implica una reflexión más profunda entorno al concepto estudiado.

La pregunta 6d, supone 4 modelos diferentes: el modelo D, donde el alumno no sabe nada acerca de la pregunta formulada; el modelo C, en el cual el alumno confunde los conceptos de error absoluto y relativo; el modelo B, donde el alumno conoce bien ambos conceptos, pero no justifica su respuesta; y finalmente, el modelo A, donde el alumno

comprende el concepto y justifica su respuesta. En esta cuestión el porcentaje de alumnos entre los modelos A y B pasa de un 42 % a un 95% del cuestionario inicial al final, por lo que el avance en el aprendizaje del alumno es muy significativo. No obstante, el porcentaje de alumnos en el nivel A se mantiene en el 35% al finalizar la intervención docente.

La pregunta 6f implica 3 modelos diferentes: el modelo C, donde se evidencia que el alumno no sabe expresar una magnitud física con su error asociado; el nivel B, en el cual el alumno liga el concepto de desviación estándar al error asociado, pero no lo justifica; y el nivel A, donde el alumno expresa correctamente el resultado con su error y cifras significa, lo justifica e incluso pone algún ejemplo. Esta pregunta tiene resultados muy similares a la anterior, alcanzando resultados ligeramente mejores.

Finalmente, cabe comentar especialmente los resultados de la pregunta 6g en este primer cuestionario, esta pregunta comprende algunos de los conceptos más difíciles de comprender por parte del alumno, y donde más errores se suelen evidenciar en las diferentes pruebas de evaluación: el concepto de *redondeo* y el concepto de *orden de magnitud ligado al empleo de potencias de diez* para expresar las cifras significativas correctas asociadas a un resultado numérico. Los modelos son 5 en esta ocasión: el modelo E, donde el alumno no sabe nada acerca de la pregunta formulada; el modelo D, en el cual el alumno no realiza correctamente ni el redondeo, ni las cifras significativas, ni tampoco el orden de magnitud correcto; el modelo C, donde el alumno en el cual el alumno redondea mal, pero expresa bien el orden de magnitud; el modelo B, en el cual el alumno redondea bien, pero no expresa bien el orden de magnitud; y finalmente, el modelo A, donde expresa correctamente el resultado. Sorprendentemente, a pesar de la complejidad que tiene para el alumno este tipo

de preguntas, se observa un elevado porcentaje de alumnos en el modelo A en el cuestionario final, y que es comparativamente muy superior al del resto de las cuestiones de este cuestionario. Esto evidencia que los casos prácticos planteados tanto en clase como para trabajar fuera del aula han sido adecuados para trabajar los contenidos asociados a dicha pregunta.

Los resultados de los cuestionarios inicial y final, correspondientes a los temas de fluidos y termodinámica dentro del segundo ciclo de mejora, se recogen en las Tablas 3 y 4, respectivamente. De nuevo, cuando se analizan los datos del cuestionario final en ambos casos, los resultados son muy similares, alcanzándose en ambos casos, un 100% de las respuestas distribuidas entre los modelos A y B, más cercanas a la realidad física, lo cual denota un grado de aprendizaje muy significativo. Hay que destacar que el modelo A siempre comprende una respuesta razonada y justificada, y en los casos pertinentes apoyada por cálculos y fórmulas matemáticas con un significado físico. Además, y comparativamente con respecto al primer CIMA, se observa que el porcentaje de alumnos en el modelo A dentro del cuestionario final es mucho más significativo.

Tabla 3. Evolución del aprendizaje de los alumnos a través de los resultados del cuestionario inicial y final correspondientes al Tema 4 (Segundo CIMA)

SEGUNDO CICLO DE MEJORA. TEMA 4 (FLUIDOS)										
PREGUNTA Nº	CUESTIONARIO INICIAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)					CUESTIONARIO FINAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)				
P1	A (10%)	B (37%)	C (33%)	D (20%)		A (100%)	B (0%)	C (0%)	D (0%)	
P2	A (35%)	B (50%)	C (15%)			A (95%)	B (5%)	C (0%)		
P3	A (0%)	B (20%)	C (50%)	D (30%)		A (92%)	B (8%)	C (0%)	D (0%)	

P4	A (0%)	B (30%)	C (70%)			A (100%)	B (0%)	C (0%)		
P5	A (15%)	B (20%)	C (65%)			A (75%)	B (25%)	C (0%)		

Tabla 4. Evolución del aprendizaje de los alumnos a través de los resultados del cuestionario inicial y final correspondientes al Tema 5 (Segundo CIMA)

SEGUNDO CICLO DE MEJORA. TEMA 5 (TERMODINÁMICA)										
PREGUNTA Nº	CUESTIONARIO INICIAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)					CUESTIONARIO FINAL CÓDIGO MODELO (% ALUMNOS)				
P1	A (3%)	B (48%)	C (49%)			A (100%)	B (0%)	C (0%)		
P2	A (5%)	B (53%)	C (42%)			A (100%)	B (0%)	C (0%)		
P3	A (10%)	B (18%)	C (42%)	D (30%)		A (85%)	B (15%)	C (0%)	D (0%)	
P4	A (0%)	B (53%)	C (47%)			A (100%)	B (0%)	C (0%)		
P5	A (0%)	B (35%)	C (65%)			A (55%)	B (45%)	C (0%)		

A continuación, y a modo de ejemplo, se comentan brevemente el significado de los modelos en las diferentes preguntas recogidas en la Tabla 3, correspondientes al segundo CIMA. Un análisis similar puede realizarse para las cuestiones relacionadas con la Tabla 4.

Para la pregunta 1 del tema 4 se detectaron 4 modelos diferentes: en el modelo A, el alumno describe perfectamente las propiedades que caracterizan el movimiento de los fluidos: la densidad, la viscosidad y la velocidad. En el modelo B el alumno no ve aún la viscosidad como propiedad importante que caracteriza a los fluidos, y en ocasiones introduce la masa como propiedad importante. En el modelo C, el alumno ve como propiedades importantes para los fluidos las mismas que se consideraban en

la mecánica clásica, es decir, la masa y la velocidad. Finalmente, en el modelo D, el alumno no sabe nada acerca de la pregunta que se le formula. Es destacable, como los resultados de esta pregunta en el cuestionario final evidencian un alto grado de aprendizaje de la clase.

En relación a la pregunta 2, se detectan tres modelos diferentes. En el modelo A, el alumno comprende perfectamente el concepto de presión y sabe justificar su respuesta razonadamente, aportando los cálculos pertinentes. En el modelo B, el alumno contesta a la pregunta formulada pero no justifica su respuesta con las ecuaciones correspondientes. Finalmente, en el modelo C, el alumno no sabe establecer correctamente la relación entre la fuerza y la superficie. La comparación entre los cuestionarios inicial y final muestran cómo el alumnado es capaz, en su mayoría, de justificar su respuesta empleando el lenguaje matemático y de forma razonada.

En la pregunta 3, de nuevo se distinguen 4 modelos diferentes. En el modelo A, el alumno no sólo responde correctamente la respuesta, sino que además la justifica aplicando el principio de Pascal y relacionando las presiones de ambos fluidos. En el modelo B, en cambio, a pesar de que el alumno emplea adecuadamente la ecuación de Pascal, no es capaz de establecer la igualdad de presiones necesaria para resolver el ejercicio. En el modelo C, el alumno indica que ambos líquidos están en equilibrio hidrostático, pero aún no relaciona la resolución del caso con el Principio de Pascal. Finalmente, en el modelo D, el alumno no sabe nada acerca de la pregunta formulada.

Con respecto a las preguntas 4 y 5, las diferencias entre los resultados de las preguntas del cuestionario inicial y final son mucho más notables. Esto es debido quizás a que tan sólo los repetidores de la asignatura habían trabajado previamente tanto la ecuación de Torricelli en la

pregunta 4 como la ecuación de Poiseuille en la pregunta 5, y si dependencia con las variables viscosidad y geometría del tubo. En ambos casos se han clasificado las respuestas teniendo en cuenta que en el modelo A el alumno razona la respuesta y se apoya en las ecuaciones correspondientes; en el modelo B, aunque la respuesta es razonada y válida no se justifica con ecuaciones, ni se llega a proporcionar un resultado numérico; y finalmente, en el modelo C, el alumno no sabe nada acerca de la pregunta formulada. Es destacable como algo similar sucede con las preguntas. Algo similar sucede con las preguntas 4 y 5 de la Tabla 4. Ambas cuestiones están relacionadas con nuevos conceptos como la entalpía y la energía interna, de manera que en su mayor parte son contestadas por alumnos que cursan nuevamente la asignatura, o en su defecto, alumnos que han cursado la física en bachiller.

Considerando globalmente los resultados del segundo CIMA, resulta evidente como se observa una evolución positiva en el grado de razonamiento y perspectiva crítica del alumno, así como de una mayor adecuación al modelo científico.

Evaluación del CIMA

Cuestiones a mantener y cambios a introducir en un futuro CIMA

En general, la puesta en práctica del diseño ha sido bastante adecuada, así como el aprendizaje y participación del alumno, que ha sido del 95%, aunque hay algunos aspectos que son claramente mejorables. El análisis de las preguntas de los cuestionarios ha evidenciado claramente la necesidad de trabajar algunos contenidos más concienzudamente. Algunos ejemplos de ello en el tema

de errores son: *el concepto de error relativo y absoluto* y las diferencias existentes entre ellos, *el concepto de orden de magnitud y de cifra significativa*, así como el concepto de error asociado a una magnitud física. En el caso del tema de mecánica hay que trabajar más efectivamente algunos contenidos como el de *ecuación de la trayectoria de un sistema físico*, la necesidad de conocer las condiciones de contorno de los problemas para evaluar magnitudes como *la aceleración o la velocidad*, así como el concepto de *fuerza instantánea* y su relación directa con la *derivada segunda del vector de posición*. Para trabajar adecuadamente estos contenidos hay que plantear nuevos casos prácticos y/o preguntas clave para trabajar en el aula, fomentando más retroalimentación alumno-profesor.

Por otra parte, se ha denotado claramente la necesidad de enseñar al alumno a justificar su respuesta en los diferentes enunciados y de fomentar la reflexión y razonamiento. Es por ello que deben plantearse actividades específicamente orientadas a ello en el siguiente ciclo de mejora, al tiempo que deben tenerse más en cuenta la capacidad de razonamiento del alumno en la propia evaluación. Una posible actividad a incluir serían las fichas de actividad en el aula, cuya práctica en otras asignaturas ha posibilitado una reflexión más profunda en el estudiante en torno a conceptos más difíciles de asimilar.

Otra cuestión a señalar es cómo algunos alumnos se han quejado de las tareas grupales ya que algunos compañeros trabajan más que otros en ellas. En el siguiente CIMA se dará la opción al alumno de trabajar los casos prácticos propuestos en grupos o de forma individual y después se evaluará el grado de satisfacción del alumno en su aprendizaje y en relación a la calificación obtenida.

Por último, es evidente la necesidad de fomentar el espíritu crítico y de razonamiento en el estudiante, así como



el de animar al alumno a aprender y a relacionar los contenidos aprendidos en Física con la Farmacia y la Medicina. Por ello, en el siguiente CIMA se propondrá como actividad colofón la realización y resolución de un caso práctico por parte del alumno de algún aspecto relacionado con la asignatura. Se proporcionará una plantilla para su realización y se valorará como actividad de evaluación continua en la calificación final.

Aspectos de la experiencia que se pretenden incorporar a toda la práctica docente habitual

La experiencia docente en torno a los CIMA ha sido muy positiva y fructífera y me ha ayudado personalmente a identificar nuevos retos para lograr un aprendizaje más significativo en el estudiante y mejorar y reflexionar sobre mi práctica docente. De acuerdo con ello hay varios aspectos trabajados que me gustaría incorporar a la práctica docente habitual como son: (i) La formulación de la pregunta clave adecuada al comienzo de cada tema, ligada a un documento introductorio que capte la atención del estudiante; (ii) La posibilidad de trabajar los contenidos con casos prácticos asociados y de preguntas clave trabajadas en el cuestionario inicial; (iii) Formular las preguntas clave y casos prácticos de forma secuencial y en complejidad creciente para facilitar el aprendizaje del alumno. (iv) Introducir casos prácticos más extensos y complejos para trabajar en grupos de alumnos fuera del aula con la posibilidad de consultar dudas al profesor y de estimular el trabajo en equipo y el aprendizaje entre iguales.

Por otra parte, lograr una correcta graduación en el trabajo de los contenidos es un reto difícil de conseguir, pero al mismo tiempo clave para lograr un aprendizaje más significativo en el alumno. Además, esto último favorecería un clima más distendido y relajado en clase, que podría ayudar a fomentar un mayor desarrollo de la actitud crítica.

Principios Didácticos argumentados que han guiado la experiencia presente y que deben permanecer en el futuro

Los *principios didácticos* que han guiado la práctica docente en este CIMA y que considero deben continuar en la práctica docente habitual son: (i) *la implementación de un aprendizaje más colaborativo y autónomo*, como dos aspectos complementarios que potencian el desarrollo integral y el aprendizaje global del alumno, donde la responsabilidad personal en el desarrollo grupal es de gran importancia (Yaniz y Villardon, 2006). Para ello se han realizado múltiples casos prácticos en grupos reducidos de alumnos durante el desarrollo de las clases y se han planteado además como actividad fuera de ella. Además, se propone incorporar algunas fichas de actividad para trabajar el razonamiento del alumno y la actitud crítica; (ii) *centrar el aprendizaje en base a problemas de aplicación práctica, empleando el método ABP* (Díaz, et. al., 2005) Todo ello orientando ciertos aspectos de la docencia a la vida profesional. Para ello se propone la realización de *casos prácticos* por parte del alumno en base a plantilla proporcionada por el profesor y evaluar dicho trabajo dentro del sistema de evaluación continua; (iii) *basar el aprendizaje en la práctica*, que supone cambiar el eje de acción del docente, proporcionando una mayor participación e implicación del alumno en su aprendizaje (Zabalza, 2010), para lo cual se propone la resolución de *preguntas clave* y de *cuestiones* planteadas por el profesor en el desarrollo de las clases; (iv) *Crear un entorno para el aprendizaje crítico y natural*, proponiendo actividades y preguntas que despierten el interés y la curiosidad del alumno (Bain, 2007); y (vi), *Ayudar a los estudiantes a aprender fuera de clase*, aportando materiales complementarios que los estudiantes puedan leer, estudiar o realizar fuera del aula. Para ello se propone la realización de actividades dirigidas fuera del aula, como la realización de casos prácticos en grupos de alumnos (Bain, 2007).

Palabras clave: Física Aplicada a Ciencias de la Salud, Grado en Farmacia, Docencia Universitaria, Experimentación Docente Universitaria, Aprendizaje significativo.

Keywords: Physics Applied to Health Sciences, Degree in Pharmacy, University Teaching, University Teaching Experimentation, Meaningful Learning.

Referencias bibliográficas

- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*, Valencia: Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Bernal, J. L. (2006). *Diseño curricular en la enseñanza universitaria desde la perspectiva de los ECTS*. Documento 06. Colección Documentos. Zaragoza: Instituto de las Ciencias de la Educación. Universidad de Zaragoza.
- Biggs, J. B. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Nanovea.
- Corronchano, D., Gómez, A., Sevilla, J y Pampín, S. (2017). Ideas de estudiantes de instituto y universidad acerca del significado y origen de las mareas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 14, 353-366.
- Díaz, M. D., Alfaro I. J., Apodaca, P., Arias, J. M., García, E., C. Lobato, C y Perez, A. (2005). *Modalidades de enseñanza basadas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el EEES*. Oviedo: Ediciones Universidad de Oviedo.
- Giráldez, R. M., Grueso, E. M y Ugía, A. (2018). Las Redes de Profesorado: cuatro años aplicando ciclos de mejoras en la investigación e innovación didáctica en Áreas de Ciencias de la Salud y Ciencias. En In R. Roig-Vila (Ed.), *El compromiso académico y social a través de la investigación e innovación educativas en la Enseñanza Superior* (pp. 224-234). Barcelona: Octaedro.
- Marcelo, C. (2010). Autoformación para el siglo XXI. En J. Gairín (Ed.), *Nuevas estrategias formativas por las organizaciones* (pp.141-170). Madrid: Wolters Kluwer.
- Novak, J. D. (2010). Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept, maps as facilitative tools in schools and corporations. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 6, 21-30.

Ciclos de Mejora en el Aula (2020). Experiencias de Innovación Docente de la US



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

- Grueso, E. (2016). Empleando Sucesivos Ciclos de Mejora en la Asignatura de Física Aplicada a Ciencias de la Salud. En R. Porlán y E. Navarro, E (Ed.), *III Jornadas de Docencia Universitaria* (pp. 17-31). Sevilla: Instituto de Ciencias de la Educación (ICE).
- Porlán. R (Coord.) (2017). *Enseñanza Universitaria. Cómo Mejorarla*. Madrid: Morata.
- Yaniz, C y Villardon, L. (2006). *Planificar desde competencias para promover el aprendizaje. El reto de la sociedad del conocimiento para el profesorado universitario*. Cuadernos monográficos del ICE, num. 12. Bilbao: Ediciones Deusto Digital.
- Zabalza, M. A. (2010). El prácticum en la formación universitaria: estado de la cuestión. *Revista de Educacion*, 354, 21- 43.

