

Matemáticas sin exámenes finales: Evaluación continua basada en la tutorización personalizada del alumnado

Ángel F. Tenorio Villalón y Eva Oliver García

Resumen

En el presente artículo mostramos el sistema de evaluación empleado en la asignatura "Métodos Matemáticos para la Ingeniería" del Grado en Ingeniería Informática en Sistemas de Información de la Universidad Pablo de Olavide. Dicho sistema se basa en realizar un seguimiento personalizado de cada estudiante y de su trabajo durante el semestre que dura la asignatura (mediante tutorización individualizada) y en primar la evaluación de la adquisición y aplicabilidad de competencias sobre la memorización de conceptos y repetición mecánica algoritmos de resolución. Para ello, realizamos una evaluación que sigue la técnica del portafolios y en la que cada estudiante genera durante el semestre una serie de actividades (supervisadas por el equipo docente), que no solo debe entregar sino también defender públicamente. Así, es el propio estudiante quien genera su evaluación durante el semestre, eliminándose el tradicional examen final que aportaba el principal porcentaje de calificación. Esta técnica de evaluación permite que cada estudiante corrija cualquier defecto o problema durante su proceso de enseñanza/aprendizaje antes de finalizar el semestre.

Abstract

This paper shows the assessment system used for the course 'Mathematical Methods for Engineering' in the bachelor's degree in Computer Science Engineering in Information Systems, from Pablo de Olavide University. This system was based on carrying out a individualized tracking for each student in relation with his/her work during the semester (via individualized tutoring), as well as in assessing by giving priority to the acquisition and applicability of competencies over memorizing concepts and automatic repetition of solving algorithms. To do so, we assessed our students by following the portfolio technique, in which each student does several academic activities during the semester (under supervision of the teaching staff), which must be both presented on time and publicly defended. Thus, each student was generating his/her assessment data during the semester and this allowed us to remove the final examination which most of the numerical mark traditionally went to. Moreover, using this assessment system, each student could correct and improve any fault or problem during his/her learning-teaching process and before the end of the semester

Resumo

Neste trabalho nós mostramos o sistema de avaliação que usamos no curso "Métodos Matemáticos para Engenharia" na Engenharia da Computação em Sistemas de Informação, da Universidade Pablo de Olavide. Este sistema é baseado no seguimento personalizado do aluno e seu trabalho durante o semestre que dura o curso (mediante tutoria individualizada) e em primar a avaliação da aplicabilidade da aquisição de competências sobre do armazenamento e repetição mecânica de conceitos e algoritmos de resolução. Para este fim, nós realizamos uma avaliação seguindo a técnica do portfólio, em que cada estudante gera ao longo do semestre uma série de atividades (supervisionado pelo corpo docente) que deve entregar e defender publicamente. Assim, cada estudante está gerando a sua avaliação durante o semestre, eliminando o tradicional exame final, que contribuía com o maior percentual da nota. Esta técnica de avaliação permite que cada aluno corrija qualquer defeito ou problema no processo de ensino/aprendizagem, antes do final do semestre

1. Introducción

En el curso 2010/11, las Ingenierías Técnicas y Superiores comenzaron su proceso de extinción en España, dando paso a los Grados en Ingeniería. Como cualquier cambio educativo, viene acompañado de una nueva renovación didáctica y pedagógica en cuanto a metodología y evaluación que el profesorado universitario realiza para cumplir sus labores docentes para y con su alumnado. Todos estos cambios se supeditan a que el proceso de enseñanza/aprendizaje en nuestro alumnado se adecue correctamente a la docencia y filosofía formativa impulsada desde el proceso Bolonia para implantar el Sistema Europeo de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS) con validez en todo el territorio del denominado Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), comprendiendo 47 países según el sitio oficial del Proceso Bolonia (Bologna Follow-up Group Secretariat, 2010). El EEES busca que el alumnado no sea formado exclusivamente para su profesión a corto plazo, sino que su formación le permita seguir actualizando conocimientos de forma autónoma tras egresar. Es decir, el profesorado universitario debe formar a su alumnado para que sea capaz de aprender a aprender y sea un ciudadano y profesional competente. Por tanto, la educación debe basarse en la adquisición de competencias tanto básicas para cualquier ciudadano como específicas de la profesión para la que se está formando (MECD, 2003; Martínez González, 2010).

2. Cambios necesarios en metodología y evaluación

Como indicamos antes, el Proceso Bolonia requiere una serie de cambios y replanteamientos tanto a nivel de docentes como de estudiantes. Estas modificaciones no se han debido a una implantación precipitada e irreflexiva (ni en España ni en ninguno de los países involucrados), sino todo lo contrario. El profesorado se ha involucrado en la implantación del ECTS y la filosofía educativa subyacente al Proceso Bolonia, generándose una amplia información y experimentación de cómo podría implantarse el EEES en nuestro país. La mayoría de esta información y experimentación se ha debido a las múltiples experiencias piloto de implantación del ECTS que se desarrollaron en las universidades españolas desde 2005 y que ahora están llegando a su fin natural con la implantación de los grados universitarios ya enmarcados formal y legalmente en el marco del EEES. Prácticamente, todas las titulaciones del catálogo español han dispuesto de alguna de estas experiencias piloto y en el caso de la Ingeniería Informática, la Universidad Pablo de Olavide (UPO) dispuso de una con la Ingeniería Técnica de Informática de Gestión, precursora del Grado en Ingeniería Informática en Sistemas de Información (GIISI) que actualmente se imparte en la UPO.

En relación a esta experimentación previa a los grados, Bermudo et al. (2006) expusieron cómo se podrían planificar asignaturas de matemáticas y estadística desde la perspectiva de una experiencia piloto para el caso concreto de las ingenierías. Dicha contribución ponía énfasis en organizar la docencia y parte de la evaluación en función del trabajo autónomo que el alumnado realizaba durante el curso y en las actividades dirigidas por el equipo docente, las cuales se iban entregando y permitían generar un informe de seguimiento (portafolios) que se convertía en una herramienta de evaluación complementaria al examen final (que persistía como principal elemento evaluador). Al referirse a actividades dirigidas,

Bermudo et al. querían reflejar que no bastaba con mandar actividades que el alumnado resolviese por sí mismo para después ser calificadas con una puntuación, sino que dichas actividades debían realizarse bajo supervisión de un docente que orientase al alumnado en cada actividad y corrigiese aquellos defectos y errores que surgieran en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Debido a cuestiones legales, esta propuesta seguía atribuyendo la mayor parte de la calificación al examen final, ya que el alumnado tenía el derecho a ser evaluado en, al menos, el 70% de su calificación con una prueba final de la asignatura. Esto conllevaba que el portafolios propuesto por estos autores quedase como un ente testimonial en cuanto a la calificación y se perdiese la mayor parte del valor añadido que supondría la evaluación continua e individualizada del alumnado. El lector interesado puede acudir a Pozo-Llorente y García-Lupi3n (2006) y las referencias en su interior para obtener una visi3n de la metodologí3a del portafolio y de su funcionamiento.

Tal y como se apuntaba en el párrafo anterior para las matemáticas (pero contextualizable a cualquier otra área), las modificaciones en las técnicas y estrategias evaluativas requerían un cambio en la metodologí3a docente del profesorado y, lo que era aún más importante, un cambio en su rol como agente en el proceso de enseñanza/aprendizaje del alumnado. Mientras que tradicionalmente el docente era el agente sobre el que recaían las sesiones presenciales, ahora su papel será más pasivo, siendo un orientador, asesor y gestor del aprendizaje del alumnado. Serán nuestras alumnas y alumnos, quienes tendrán el papel protagónico y activo en su aprendizaje para adquirir los conocimientos y las competencias que son objetivo de cada asignatura (Imbernon y Medina, 2005). Obsérvese que este planteamiento es acorde a las directrices que se desprenden de los documentos oficiales sobre implantaci3n de grados (ANECA, 2005; MECD, 2003) y en los cuales el “aprender a aprender” resulta ser la competencia clave a desarrollar en el alumnado para que pueda generar autónomamente sus conocimientos y sepa adaptarse a futuras necesidades laborales y sociales según sea necesario.

Por tanto, para fomentar la participaci3n activa del alumnado como motor de su aprendizaje y trabajar la competencia del autoaprendizaje, creemos apropiado plantear una propuesta de evaluaci3n centrada en su trabajo personal y autónomo, donde el docente solo introduce los conceptos y procedimientos a asimilar y pasa a asesorar al alumnado en la adquisici3n de los mismos mediante su trabajo diario en la asignatura. Aunque hay muchas formas de abordar este tipo de evaluaci3n, hemos optado por adoptar un sistema evaluativo plenamente basado en el portafolios y, así, suprimir el tradicional examen final como elemento evaluador.

Evaluar con portafolios conlleva la supervisi3n y correcci3n por el docente del trabajo realizado por su alumnado de manera contextualizada a los plazos de entrega. Por tanto, la tutorí3a no puede ya entenderse meramente como el número de horas semanales en las que el docente atiende dudas en su despacho, sino que debe replantearse como técnica y recurso adicional para el seguimiento y evaluaci3n del alumnado durante el semestre. La concepci3n de la tutorí3a que aquí seguimos, puede encontrarse en la literatura con autores como Arbizu et al. (2005) y la sitúa como una de las actividades docentes más esenciales (quizás la más importante).

El docente debe poner a disposición del alumnado todo recurso que facilite y agilice la tutorización y realización de las actividades dirigidas encomendadas al alumnado. Esto obviamente incluye la tutorización virtual para atender al alumnado usando las herramientas digitales existentes para ello. Así, Sáenz Castro (2001) afirmó que la tutoría virtual es uno de los principales recursos para el seguimiento individualizado y personalizado del proceso de autoaprendizaje a distancia por el alumnado. El proceso del seguimiento a distancia es esencial en grupos con un alto número de estudiantes compatibilizando trabajo con estudios, por lo que no pueden asistir a tutorías presenciales. Este precisamente es el caso del GIISI de la UPO.

3. Evaluación continua por competencias

La evaluación por competencias se centra en el propio proceso de enseñanza-aprendizaje del alumno y no solo en el resultado final, como ocurría con el clásico examen a final del semestre. Así, la evaluación toma en consideración la actividad del alumnado como actor principal en su proceso formativo. Obviamente, el docente debe asesorar, supervisar y tutelar su evolución, realizando parte de la evaluación en sesiones de seguimiento. A ese respecto, Imbernon y Medina (2005) afirman que la clave en la evaluación por competencias es la participación activa del alumnado en su aprendizaje y en las actividades encaminadas a adquirir sus competencias básicas y específicas. Pero si hablamos de evaluación por competencias, debemos aclarar previamente qué se entiende por competencia en el ámbito educativo.

La noción de competencia ha adquirido gran relevancia en educación en esta última década. Sin embargo, el primer trabajo sobre competencias no fue en este ámbito, sino en el económico cuando McClelland (1973) expuso sus conclusiones sobre la ineficacia de los test de inteligencia para determinar el éxito ocupacional y resaltó la necesidad de buscar una nueva noción que permitiese medir dicho éxito apropiadamente. Esa nueva noción era la de competencia y buscaba determinar si una persona podía o no realizar con éxito su actividad profesional. Su salto al mundo educativo fue posterior con múltiples definiciones formales, no siendo todas equivalentes. Como no queremos ser exhaustivos, solo resaltamos las definiciones de Mateo (2007) y Roe (2002) por ser las más afines a nuestro objetivo: Las competencias son habilidades para seleccionar, combinar y usar recursos y conocimientos varios para resolver problemas o situaciones en contexto. Según las habilidades desarrolladas, se habla de competencia matemática, lingüística, digital...

Al trabajar por competencias con nuestro alumnado, no debemos evaluar solo en base a conocimientos adquiridos, sino comprobando las siguientes habilidades:

- a) Además de adquirir conocimientos, debe seleccionarlos, combinarlos y aplicarlos a diversos contextos y problemas.
- b) Es capaz de actualizar y renovar sus conocimientos para resolver problemas surgidos tanto en contexto social como profesional.

Seguimos, pues, lo indicado por Le Boterf (2000) y Morin (2001), para los que la evaluación se centra en la habilidad de nuestro alumnado para manejar, cambiar y combinar conocimientos para resolver problemas contextualizados y académicos.

Por tanto, la evaluación no puede centrarse en cuantificar el porcentaje de temario adquirido por cada estudiante, dejando de tener sentido un aprendizaje

basado en memorizar conocimientos que quedan obsoletos con rapidez. Buscamos, pues, formar estudiantes que sigan siendo competentes tras cualquier modificación en su carrera profesional. Esa es la razón principal por la que no podemos limitarnos a enseñar solo conocimientos, sino que debemos lograr que nuestro alumnado sea capaz de seleccionar, decidir y obtener la información y conocimiento requerido en cada momento; es decir, convertirlos en profesionales competentes.

Visto lo anterior, los criterios de evaluación no deben consistir en una simple calificación otorgada por repetición memorizada de conceptos y procedimientos, que posiblemente no se hayan entendido. Según Barberá (1999) y MacDonald et al. (2000), la evaluación del alumnado debe basarse en la aplicación coherente y reflexiva de los tópicos trabajados en la asignatura. Por tanto, no se reduce solo a cuantificar conceptos, sino que hemos de evaluar la evolución y progreso del alumnado durante el semestre para comprobar si es capaz (es decir, competente) en el uso y manejo de los problemas propuestos. Obviamente, una evaluación de tipo cualitativo suele ser sumamente complicada y nos fuerza a considerar nuevas técnicas y herramientas evaluativas, que deberían permitirnos recopilar la máxima información posible sobre la evolución del trabajo de cada estudiante durante el semestre. Pero aún usando todas las herramientas a disposición del equipo docente, dicha información debe ser posteriormente elaborada e interpretada para valorar lo más objetivamente posible dicha evolución y, de ese modo, aconsejar y tutelar al alumnado favoreciendo sus puntos fuertes y mejorando los débiles. Nuestra labor como asesores debe incluir el mostrarle sus errores para aumentar su nivel de competencia y propiciar dos de las funciones de la evaluación: la autorreguladora y la formativa. Con la evaluación continua por competencias, el docente va ajustando su docencia a las necesidades de su alumnado para corregir las carencias y errores de este en el proceso de enseñanza/aprendizaje, mientras que el estudiante es consciente de sus errores y cuáles son los aspectos que debe mejorar.

Así, el principal beneficio de la evaluación por competencias resulta ser la retroalimentación entre estudiante y docente, la cual genera información tanto cuantitativa como cualitativa sobre el nivel de competencias del alumnado. Aunque ya lo hemos indicado antes, creemos necesario recalcarlo nuevamente: Cuanta más información dispongamos de cada estudiante y de su evolución en el semestre, más fácil resultará determinar la adquisición de los objetivos de la asignatura por este y de más información dispondrá el alumnado para adquirir el nivel de competencia.

El proceso de evaluación que debería seguirse en cualquier asignatura es el que se describe a continuación:

- a) Primero, el equipo docente debe determinar las competencias a trabajar por su alumnado y el nivel de adquisición en cada una de ellas para superar la asignatura.
- b) Tras decidir las competencias, el equipo docente debería establecer los criterios de evaluación que considerará para cada competencia.
- c) Posteriormente, el equipo docente selecciona el tipo de evaluación que considera apropiada para su asignatura y las competencias a evaluar. Entonces deberán elegirse las técnicas y herramientas evaluativas para obtener

información objetiva sobre la adquisición de competencias (e.g. observación directa, estudio de casos, resolución de problemas...). Este paso es esencial porque una selección apropiada de recursos para la evaluación facilitará tanto su posterior aplicación como la consiguiente recopilación de evidencias sobre el nivel alcanzado por el alumnado en conocimientos y competencias.

Como nuestra opción evaluativa es de tipo continuo y no de tipo final, debemos tener en cuenta que no basta solo con evaluar y continuar con el siguiente bloque de contenidos, sino que debe usarse la retroalimentación que dicha evaluación produce de manera natural para que el alumnado aprenda realmente de sus fallos. En nuestra opinión, una evaluación que se limita a calificar no conlleva el aprendizaje del alumnado y no aumenta el grado de adquisición de las competencias. Para habilitar el carácter formativo de la evaluación, tras calificar cualquier actividad, el alumnado debería disponer de algún recurso para aclarar con el docente las incorrecciones adquiridas y no solventadas en el proceso de enseñanza/aprendizaje, mostrando que aprende de sus errores y es competente realizando tales actividades.

No decimos que la evaluación no se use para calificar, ya que la calificación es necesaria administrativamente y permite al alumnado tener una percepción relativa a lo que se espera como media del grupo. Es decir, esa calificación no debería fijarse de manera definitiva en un primer estadio, así que se le permitiese al alumnado demostrar si ha evolucionado con respecto a los errores cometidos. Obviamente, eso conlleva que la calificación administrativa no corresponda a la primera obtenida. Con ello, estaríamos aplicando una evaluación realmente continua: la evolución del alumnado en la asignatura permite volver sobre la evaluación de ítems anteriores de manera que sean complementados e, incluso, corregidos.

4. Una breve descripción de nuestra asignatura

El GIISI consta de tres asignaturas de contenido matemático: Álgebra, Cálculo y Métodos Matemáticos para la Ingeniería (MMI), todas de primer curso y 6 créditos ECTS, siendo solo la última del segundo semestre. Su docencia se distribuye, por regla general, en sesiones teóricas y prácticas, ambas con cadencia semanal. Las asignaturas se imparten en una única línea de 60 estudiantes matriculados, que reciben las sesiones teóricas en gran grupo y que se subdividen en tres subgrupos de 20 estudiantes para las sesiones prácticas en aulas de informática.

Impartir las sesiones prácticas en aulas de informática se debe al enfoque eminentemente práctico de nuestras asignaturas (siendo más acusado en el caso de MMI), basado en un aprendizaje mediante la resolución de problemas. Además, el uso de software computacional es una forma de que el alumnado pueda manipular los conceptos y le permita continuar su aprendizaje pese a posibles problemas operativos provenientes de etapas anteriores o aparecidos durante el semestre. Conste que no estamos diciendo que no nos preocupa el corregir tales defectos (los ya existentes y los que van apareciendo), sino que podemos seguir avanzando en el temario de la asignatura al mismo tiempo que trabajamos los problemas concretos de cada estudiante (Daniels y Garner, 1999; Stainback et al., 1999). De este modo, ni ralentizamos el ritmo de aprendizaje para los que no tienen tales problemas ni

hacemos imposible el seguimiento de la asignatura para los que tienen algún problema procedimental que haya que corregir haciendo uso de la evaluación.

En cualquier caso, en pleno siglo XXI y dentro del Proceso Bolonia, no podemos seguir impartiendo nuestra materia como en el siglo XIX. En el mundo actual, el uso de software profesional es esencial para desarrollar la competencia digital desde las matemáticas (Gewerc Barujel et al., 2011; Tenorio et al., 2010). Esto es aún más acusado en nuestro caso con una ingeniería informática, ya que conocer cómo funciona un paquete de cálculo simbólico puede ser de interés en su futuro profesional.

Visto lo anterior, podría parecer que estuviésemos renegando del aprendizaje de algoritmos tradicionales “de papel y lápiz”. Nada más lejos de la verdad. Como indican Pérez-Jiménez (2005) y Montero (2006), los algoritmos tradicionales se enseñan porque permiten aprender mecanismos lógicos y de ejecución que son esenciales para las matemáticas y todas las ciencias en general (incluidas las técnicas). Pero deben enseñarse en su justa medida y teniendo en cuenta que el tratamiento computacional de un problema puede variar con respecto al tratamiento tradicional del mismo “a mano”. Por indicar un ejemplo, con ordenador, el cálculo de la inversa de una matriz regular consiste en ejecutar una simple orden y esperar unos segundos; mientras que, a mano, consiste en un mero ejercicio (pues solo ha de repetir lo que se ha explicado) pero que puede tardar unos veinte minutos. Más aún, hoy día nadie calcula inversas a mano, sino que se usa cualquiera de los múltiples software existentes (ni siquiera es necesario recurrir a una herramienta del nivel de un paquete de cálculo simbólico).

Tras esta pequeña digresión sobre la motivación de impartir las sesiones prácticas en aulas de informática, pasamos a exponer el contenido de la asignatura MMI, distribuido en tres bloques temáticos indicados en la Tabla 1: Teoría de Errores, Álgebra Numérica y Cálculo Numérico.

Tabla 1. Temario de la asignatura MMI

Tema 1: Teoría de Errores	Tema 4: Aproximación de funciones: Interpolación
Tema 2: Resolución numérica de ecuaciones lineales y no lineales	Tema 5: Métodos de derivación e integración numérica
Tema 3: Resolución numérica de sistemas de ecuaciones lineales	Tema 6: Métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias

Durante todo el semestre trabajamos con aproximaciones de números reales y buscamos estas para resolver diversos problemas que se van planteando. Al no trabajar con valores exactos, nuestras herramientas de trabajo serán los distintos procedimientos algorítmicos y fórmulas numéricas que permiten obtener tales aproximaciones. Obviamente, el tratamiento de un problema desde una perspectiva numérica presenta múltiples diferencias con respecto al tratamiento del mismo buscando la solución exacta. Desde un punto de vista práctico, la principal diferencia consiste en que el volumen de cálculos a realizar y la cantidad de cifras decimales que intervienen son considerables. Por tanto, la resolución tradicional de estos problemas “a mano” conllevaría que el tiempo consumido por un solo problema sería excesivo o que, realmente, no se podrían trabajar problemas, sino simples ejercicios en los que se observaría cómo se aplican las primeras iteraciones, pero sin entrar en

las vicisitudes computacionales de la resolución de este tipo de problemas, como pueden ser: la pérdida de cifras decimales, la elección y testeo de un criterio de parada adecuado a las circunstancias del problema o el uso de datos con un elevado número de decimales, por poner algunos ejemplos.

La inclusión de los ordenadores y de software matemático (e.g. Tenorio, 2008; Tenorio, 2010) permite trabajar estos problemas de manera efectiva y centrándonos en evaluar los contenidos y competencias a desarrollar en la asignatura. Es más, no es necesario buscar problemas adecuando los datos a manejar, procurando que el problema se resuelva en no más de tres iteraciones o evitando la necesidad de reajustar la precisión de trabajo para no tener que repetir todo el problema. Todas esas dificultades, propias de un problema numérico y que el alumnado debería ser capaz de solventar, solo pueden trabajarse de manera adecuada con la ayuda de un paquete de cálculo simbólico (e.g. Tenorio, 2010; Tenorio et al., 2010). Ya no hay que preocuparse por números “manejables” por el alumnado o limitar las operaciones en una iteración del proceso algorítmico... No, ahora podemos preocuparnos de que el alumnado sepa manejar los distintos conceptos y procedimientos de que dispone para resolver numéricamente el problema planteado y dar una solución de las características solicitadas en el enunciado del problema, independientemente de la complejidad de los datos y del método.

De este modo, el tratamiento computacional pasa a ser una competencia más a desarrollar. No basta con alcanzarse las competencias propias del pensamiento científico y del tratamiento de problemas numéricos (competencias matemáticas), sino que también el correcto uso de los equipos informáticos y paquetes de cálculo simbólico (competencia digital). Así, queda claramente expuesto y justificado que la metodología seguida en la asignatura está basada en la resolución de problemas. De hecho, la filosofía seguida con nuestro alumnado durante el semestre fue la del constructivismo y el aprendizaje significativo, fomentando y favoreciendo que el/la propio/a estudiante construya el conocimiento a adquirir durante el semestre mediante su trabajo autónomo bajo supervisión del equipo docente. Todo va encaminado a adquirir las distintas competencias reflejadas en la guía docente y mostradas en Tablas 2 a 4.

Tabla 2. Competencias de la titulación desarrolladas en la asignatura MMI.

Que los estudiantes demuestren poseer y comprender conocimientos en el área de Álgebra numérica y Cálculo numérico, que parte de la base de la educación secundaria, y suelen encontrarse a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también aspectos que implican conocimientos de la vanguardia de su campo de estudio.
Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo de forma profesional y que posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio.
Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
Conocimiento de las materias básicas y tecnologías, que capaciten para el aprendizaje y desarrollo de nuevos métodos y tecnologías, así como las que les doten de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones. Razonamiento lógico y crítico.
Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad. Capacidad para saber comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Informático en Sistemas de Información.

Tabla 3. Competencias del módulo a desarrollar en la asignatura MMI.

Capacidad para resolver problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre métodos numéricos y algorítmica numérica.
--

Tabla 4. Competencias particulares de la Asignatura MMI.

Cognitivas: Conocimiento de conceptos y técnicas básicas de los Métodos Numéricos para resolver problemas relativos al Álgebra Numérica y al Cálculo Numérico; desarrollo en el alumnado del razonamiento lógico y algorítmico propio de la materia y adquisición de una visión global del contenido de la misma.
Procedimentales: Adquisición de las capacidades de análisis y creatividad para aplicar las técnicas expuestas al ámbito de un Ingeniero Informático en Sistemas de Información. Incentivación del trabajo en equipo y manejo de técnicas informáticas adecuadas.
Actitudinales: Fomentar la capacidad para ejercer la crítica sobre la conveniencia de utilizar los recursos a su alcance para solucionar problemas reales a los que se enfrenta. Desarrollar la capacidad en la toma de decisiones en la resolución de problemas.
Transversales: Expresión oral y escrita, en español e inglés. Capacidad de síntesis y análisis. Respeto a relaciones interpersonales. Pensamiento crítico. Razonamiento abstracto. Utilización de TIC y software informático.

Para fundamentar las sesiones prácticas encaminadas a la resolución de problemas, las sesiones teóricas se destinaban a explicar los conceptos y procedimientos aplicados a ejemplos numéricos simplificados y que mostraban en un primer estadio, las dificultades que el alumnado encontraría al resolver los problemas que se le encomendarían. Tras cada sesión teórica, se impartía una sesión práctica en aula de informática a cada subgrupo intentando dar la misma información en todos para no crear agravios comparativos. En dichas sesiones prácticas, el alumnado ponía en práctica, con el software adecuado y bajo supervisión del docente, los conocimientos teóricos previamente explicados. Más concretamente, el docente explicaba cómo abordar una serie de problemas seleccionados para resolver con estos en el aula en dichas sesiones. Como ya apuntamos antes, las prácticas se trabajaron con un alumno por ordenador para tratar computacionalmente los problemas con Mathematica, aunque todos los pasos, procedimientos y decisiones realizados debían razonarse y justificarse. Por ejemplo: Cada método numérico requiere de una serie de hipótesis iniciales que permiten su correcta aplicación con convergencia a una solución del problema y con una determinada velocidad. El alumnado para resolver el problema debe comprobar esas hipótesis iniciales o adaptar el problema para que tales hipótesis se satisfagan.

Hasta aquí, podría decirse que estamos ante una metodología más o menos tradicional, enfatizando que es el alumnado quien lleva el peso y el ritmo de cada sesión y es responsable del resultado final de su aprendizaje (obviamente todo supervisado y conducido por el equipo docente). Lo que sí es más novedoso es el siguiente tipo de actividad académica, sobre todo si tenemos en cuenta cómo afecta a la evaluación del alumnado. La actividad a la que nos referimos consiste en que, tras concluir cada sesión práctica, el docente encomienda al alumnado una serie de problemas sobre los contenidos trabajados y cuya complejidad va desde la tratada en la práctica hasta un nivel más elevado. Esta actividad debía realizarse en el marco temporal indicado (normalmente una semana o semana y media) bajo la supervisión del docente que les imparte las prácticas con el fin de que apliquen los contenidos y procedimientos ya trabajados a problemas computacionales concretos

de manera efectiva, observando cómo se desenvuelve cada estudiante en situaciones que no son exactamente las mismas que las trabajadas en clase. En la próxima sección, dedicada a la evaluación de la asignatura, veremos concretamente la finalidad de estas actividades, su evaluación y su influencia en la evaluación global del proceso de enseñanza/aprendizaje del alumnado.

Aparte de las motivaciones basadas en el sistema de evaluación (que se verán en la sección siguiente), existe una razón adicional para emplear metodologías eminentemente prácticas en el aula, la cual ya hemos introducido anteriormente: el interés del equipo docente en formar profesionales competentes que sean capaces de pensar razonadamente y que sepan justificar las decisiones que toman y las conclusiones a las que llegan basándose, en nuestro caso, en el conocimiento matemático; y que sepan resolver los problemas profesionales que puedan surgirle en su ámbito laboral. Por ello, trabajamos problemas numéricos desde el contexto de la ingeniería informática. De este modo, cada estudiante debe modelizar problemas reales, argumentar y demostrar científicamente y manejar correctamente técnicas numéricas y software computacional para tratar tales problemas.

Nuestra propuesta educativa se basa pues en la comprensión y correcta aplicación de conceptos y resultados para resolver problemas de manera eficiente y apropiada, pudiendo el alumnado consultar siempre la formulación exacta de los mismos y no basando el proceso de enseñanza/aprendizaje en mera memorización.

5. Explicando el sistema de evaluación

Tras exponer la metodología y filosofía docente, queremos a continuación explicar cómo hemos evaluado el trabajo (autónomo) del alumnado durante el semestre por medio de una evaluación continua. Eso sí, no limitándonos a realizar meros exámenes parciales o finales que evalúen exclusivamente la capacidad de memorizar, pero no la de resolución comprensiva y efectiva de problemas.

Tras una seria reflexión, el equipo docente decidió que era momento de dar una nueva vuelta de tuerca a la evaluación tradicional en matemáticas y plantear la supresión del examen final de la asignatura. Para ello, debía implantarse un sistema de evaluación de tipo continuo, secuenciado y supervisado durante todo el semestre y en cada actividad que se encomendase al alumnado. No nos limitaríamos así a una ventana temporal de evaluación en una tarde o mañana de examen.

Queríamos una evaluación que no fuese un simple ranking del alumnado, sino que nos permitiese aprovechar al máximo las funciones formativa y reguladora de una buena evaluación. Con ello, el alumnado podría conocer sus errores conceptuales y procedimentales durante el semestre y no al final, pudiendo mostrar su capacidad para corregir sus fallos y reflejar esto en su calificación administrativa. Ante esta propuesta didáctica, nos vimos obligados a plantear técnicas y herramientas de evaluación que permitiesen evaluar durante todo el semestre y generasen información que devolver al alumnado para que corrigiese su aprendizaje en el propio semestre y asimilase correctamente contenidos y procedimientos.

Tomando en consideración lo ya comentado, el equipo docente optó por seleccionar la técnica evaluativa del portafolios como la que se ajustaba mejor a los objetivos propuesto en la asignatura MMI en relación a la evaluación del alumnado.

Como ya indicamos en la Sección 2, el portafolios es una herramienta evaluativa que proporciona muchísima información sobre la evolución y progreso del alumnado durante el semestre y sobre el grado de adquisición para cada una de las competencias indicadas en las Tablas 2 a 4. Esto se debe a que el portafolios no se limita a una serie de tareas que, tras encomendarlas, recogerlas y corregirlas, se archivan sin más historia. Todo lo contrario: tras su corrección, se devuelve al alumnado la información generada por la corrección sobre su aprendizaje y grado de adquisición de competencias relativas a la asignatura. Así, el alumnado puede trabajar sobre los errores que ha cometido y tiene la oportunidad de mostrar al equipo docente si ha podido asimilar correctamente los conocimientos y procedimientos que se trabajaban con la tarea en cuestión. Obsérvese que, de este modo, el equipo docente dispone de información tanto sobre qué hizo mal cada estudiante como sobre su capacidad para aprender de sus errores y subsanarlos bajo supervisión del docente. Conjugando la información previa y posterior a la evaluación de cada tarea, puede realizarse una evaluación equitativa sobre la adquisición de competencias por cada estudiante, no centrándose solo en una simple evaluación de trabajos entregados.

A continuación, concretamos nuestra aplicación del portafolios a la evaluación de MMI. Las etapas que seguimos para cada tarea encomendada son las siguientes:

1. Tras cada sesión práctica sobre resolución de problemas, se encomienda al alumnado una tarea con varios problemas relativos a dicha sesión, los cuales deben realizarse de manera autónoma y entregarse en el plazo indicado para su evaluación.
2. Durante la realización de la tarea, cada estudiante es asesorado por el equipo docente mediante tutorías (presenciales o virtuales) voluntarias, pudiendo plantear cualquier duda y dificultad aparecidas en relación a conceptos y procedimientos involucrados en las tareas. El docente no solo ayuda a solventar tales cuestiones, sino que procura corregir los errores que detecta en las actividades consultadas con su alumnado.
3. Tras la entrega (telemática) de la tarea, el docente la evalúa y emite un informe individualizado y desglosado problema por problema para cada estudiante, detallando los fallos conceptuales y procedimentales.
4. Ese informe personal debe ser utilizado cada estudiante para rehacer su tarea respondiendo a cada comentario o indicación realizado por el docente. Esa nueva versión de la tarea se reenvía (telemáticamente) para que el docente la reevalúe y use la información generada en el proceso para calificar a su estudiante.

En el semestre del curso 2010/11 se mandaron 8 tareas siguiendo la dinámica que acabamos de describir y que conllevaron un total de 16 entregas (2 por tarea) por parte del alumnado, aunque no todos hicieron uso de la segunda entrega.

Adicionalmente, se encomendó una novena tarea al final del semestre, que no podía reenviarse. Esta tarea consistió en elaborar un informe detallado explicando un método de resolución numérica para ecuaciones diferenciales ordinarias, exponiendo la justificación teórica del método, los principales resultados de

aplicación y convergencia y un ejemplo de aplicación del mismo. Mientras que todas las tareas de la asignatura fueron individuales, esta última evaluaba no solo el tema de ecuaciones diferenciales ordinarias, sino que también la competencia del alumnado para trabajar en grupo. En este sentido, el alumnado se tuvo que distribuir de manera autónoma en grupos de tres miembros para llevarla a cabo y se dispusieron espacios en las sesiones teóricas y prácticas para elaborar el informe bajo supervisión del equipo docente (siendo este el motivo de no habilitar una segunda entrega). Indicar que solo tuvimos problemas en la creación de dos grupos. En uno de los casos, el problema no era fácilmente subsanable ya que se limitaba a asignar un alumno sin grupo en el día del reparto al único grupo con dos miembros que se formó. Por el contrario, el segundo caso fue sumamente problemático y más grave, siendo expuesto en detalle cuando hablemos de su evaluación.

Esta última tarea del semestre tuvo una estructura diferente a las anteriores:

1. Tras una sesión teórica explicándose las nociones fundamentales sobre ecuaciones diferenciales ordinarias a trabajar, se les dio una bibliografía básica con información para los múltiples métodos que podían asignarse, siendo esta realizada de manera aleatoria sin permitir la selección de un mismo método por dos grupos distintos.
2. Seguidamente se emplearon tres sesiones presenciales para que cada grupo trabajase su informe en el aula bajo el asesoramiento del equipo docente de la asignatura.
3. Para el método de resolución asignado, el grupo debía buscar la información tanto en la bibliografía básica como en otra existente en Internet hallada por el grupo, referenciando cualquiera de ellas correctamente en el informe. Para elaborar ese informe, los grupos tenían como ejemplo previo la documentación entregada por el equipo docente durante el semestre y en la que se estructuraban los distintos métodos numéricos trabajados. La guía entregada a cada grupo para elaborar el informe recogía los siguientes puntos:
 - a) Exposición del método en cuestión, explicando las operaciones y razonamientos que llevan a la expresión del método en cuestión.
 - b) Indicación del pseudocódigo para el método. Bastaría con indicar cómo se trataría el método algorítmicamente.
 - c) Si procede, indicar criterio de existencia, estabilidad y orden de convergencia del método.
 - d) Si procede, indicar la fórmula para calcular o acotar el error cometido por la aproximación dada por el método.
 - e) Ejemplo de aplicación del método con un problema de enunciado completamente desarrollado y resuelto.

Como el alumnado podía realizar las distintas tareas en casa, el equipo docente articuló los mecanismos necesarios para comprobar y controlar que cada estudiante realizaba autónomamente el trabajo o (en caso de ayuda externa) que lo había asimilado y comprendido correctamente. Para ello se habilitaron tres sesiones presenciales de control (en clase de prácticas) y que se denominaron defensas

orales. En cada defensa oral, el alumnado realizaba una exposición oral ante sus compañeras y compañeros del problema o los problemas que el docente le indicase y respondía a una serie de preguntas que buscaban detectar el manejo que el/la alumno/a tenía del problema en cuestión y de la resolución que estaba explicando, testando así si había trabajado y asimilado la tarea.

En el caso de la tercera defensa oral, realizada el último día de clase y relativa a la tarea grupal, la única diferencia con las anteriores consistió en que la defensa era conjunta para los tres miembros del grupo.

En todas y cada una de las defensas, el equipo docente se centró, no en ver si el alumnado recibió ayuda para las tareas (ya que como mínimo recibió la nuestra), sino en ver su capacidad para explicar de manera comprensible cada una de las actividades y la asimilación de los contenidos, procedimientos y competencias asignados a los problemas preguntados.

Al evaluar dichas defensas, tuvimos algunas dificultades. En las dos primeras, nos encontramos con que el alumnado no preparó los problemas que podían preguntarse, por lo que sus respuestas eran dubitativas y sin una reflexión previa de lo hecho al elaborar la tarea y de lo que se le estaba preguntando concretamente. Indicar que, en general, se observó una gran mejoría en la segunda defensa a este respecto, aunque con unos niveles mínimos de capacitación. En nuestra opinión, las defensas orales mostraron las dificultades del alumnado para expresar sus ideas y argumentar coherentemente. Estas dificultades se trabajaron con el alumnado durante el semestre, consiguiéndose mejoras relativas razonables al final del mismo.

Al evaluar la tercera defensa oral, la mayoría de los grupos realizaron una buena presentación, respondiendo adecuada y correctamente la mayoría de las preguntas realizadas. Solo tuvimos problema con el grupo al que nos referimos anteriormente. Dicho grupo consistía en dos alumnas y un alumno que no asistieron a la sesión previa en la que se explicó y realizó la organización de grupos. Por ello, se les agrupó telemáticamente en un único grupo. Sus miembros no fueron capaces de funcionar correctamente como grupo. Su principal problema radicó en no establecer una dinámica de trabajo en equipo y entenderlo como realizar cada uno su parte del trabajo, sin preocuparse de la correcta elaboración del resto. Esto conllevó, por un lado, problemas de coherencia en el texto y, lo que fue más grave, no ser capaces de tomar decisiones consensuadas, incluida la fecha de exposición. Así, a escasas horas de su turno de defensa, cada miembro del grupo comenzó a enviar correos-e de manera independiente indicando por qué el resto no iba a la defensa y echándose mutuamente las culpas por no estar todos en la misma o no haber buscado fecha alternativa de defensa. Ya que una de las competencias que se evaluaban en esta defensa era la del trabajo en grupo, nos vimos avocados a evaluarla negativamente, aunque el informe sí se evaluó positivamente (aunque no remarcable), pues esa parte sí la realizaron dentro de los niveles de aceptación. Queremos remarcar que esto no habría pasado si hubiesen trabajado conjuntamente tomado decisiones consensuadas y negociando cualquier actuación a realizar.

Además de las defensas orales y como mecanismo no solo de control sino también de seguimiento personalizado de cada estudiante, la tutorización se volvió

un elemento esencial durante el semestre. El equipo docente fomentó el uso de las tutorías (presenciales y virtuales) por el alumnado para que preguntase y solventase las dudas que fuesen surgiendo tanto al respecto de los contenidos explicados como de las tareas encomendadas. Insistimos en que realizaran consultas por correo-e y por el foro de la asignatura (usando la plataforma Blackboard) con el compromiso de respuesta en un plazo de 48 horas. Igualmente, se establecieron turnos de tutorías presenciales a concertar por cita previa, que buscaban evitar que el alumnado tuviese que estar esperando un tiempo que podía aprovechar en estudiar nuestra asignatura u otra del curso académico, al igual que permitir una atención adecuada y sosegada al alumnado sin que este se sintiese presionado por una cola de espera.

La tutoría fue para el equipo docente una fuente inagotable de información sobre cada estudiante de la asignatura y, por lo general, fue esencial para realizar un seguimiento adecuado de su evolución. Al querer fomentar las tutorías tanto para que el alumnado solventase sus dudas como para que el equipo docente dispusiese de información para una evaluación equitativa y justa, se tomó la decisión de asignar un porcentaje testimonial de la calificación en relación a su aprovechamiento.

Obviamente, asignar calificación por aprovechamiento de las tutorías conllevó imponer un mínimo de asistencia para dicha valoración. Es por ello que se realizó una sesión obligatoria de tutoría a mediado de curso para quienes no habían ido hasta esa fecha. Tras recibir las primeras calificaciones por sus tareas, el alumnado comprobó la importancia de las tutorías para una correcta realización de las tareas y adquisición de las competencias. Así, el número de asistentes a las tutorías presenciales comenzó a aumentar tras dichas calificaciones.

Hernández-Jiménez et al. (2008) ya propusieron anteriormente un plan integral de acción tutorial en asignaturas de matemáticas para ingeniería, pero manteniendo el peso principal de la evaluación en el examen final. El sistema de evaluación aquí presentado, pese a usar algunas ideas generales de dicho plan, se adapta a la supresión del examen final. Como ya se indicó antes, la tutoría fue un elemento esencial en la evaluación por el volumen de información que generó sobre cada estudiante, información que nos permitió interpretar las distintas respuestas que el alumnado daba en las tareas.

Seguidamente mostramos los porcentajes sobre la calificación asignados a cada herramienta evaluativa en la asignatura, que se superaba si se alcanzaba un porcentaje del 50% sobre la calificación total:

Tabla 5. Porcentaje en la calificación de las distintas herramientas de evaluación

Actividad	Tareas	Defensas	Tutoría
Porcentaje	60%	30%	10%

6. Resultados de la evaluación en el curso 2010/11

Como se indicó anteriormente, la evaluación se realizó durante el semestre de manera continua y sin examen final. En nuestra opinión, dicho examen no aportaba mejor información sobre las competencias alcanzadas que la generada por tareas asesoradas por el equipo docente. Nuestra propuesta de evaluación continua sin prueba final ha tenido en el curso 2010/11 los resultados indicados en esta sección.

Este curso hemos contado con 60 estudiantes matriculados. Tras dos semanas de clases, comenzó a producirse el abandono de la asignatura por parte del alumnado, estabilizándose en un total de 27 estudiantes, que continuaron el curso hasta el final del semestre (i. e., 45% de los matriculados). Disponemos de alguna información proporcionada por el alumnado sobre las posibles causas de abandono, ya que poco antes de pasar el ecuador del semestre, escribimos un correo al alumnado que no estaba dando señales de vida para preguntar al respecto y los pocos que contestaron hacían referencia a dos factores esencialmente: el primero se debía tanto al número de años transcurridos desde la última vez que cursaron una asignatura de matemáticas (un alto porcentaje del alumnado proviene de ciclos formativos o bachilleratos distintos del científico-técnico); y el segundo correspondía al enfoque metodológico y evaluativo de la asignatura, ya que no terminaban de adaptarse a una dinámica de trabajo con entrega semanal ó quincenal y que dichas tareas tuviesen que ser entregadas con un mínimo de calidad para su evaluación positiva. Es curioso, pero nuestra percepción de los comentarios recibidos hace que nos decantemos por el segundo factor como el más influyente. Estamos a la espera de disponer de una mayor cantidad de datos en este curso para poder realizar esta afirmación de manera concluyente.

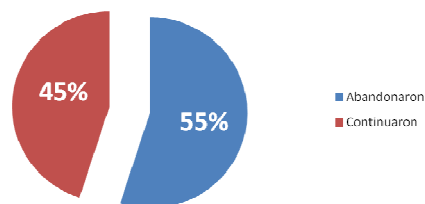


Figura 1. Porcentajes de estudiantes que abandonaron y que continuaron.

A partir de aquí, todos los datos mostrados corresponden solo al alumnado que continuó la asignatura durante el semestre completo; es decir, nos referiremos continuamente a los 27 estudiantes que finalizaron el curso. Las calificaciones obtenidas por el alumnado permitió obtener un 100% de estudiantes superando el curso con calificaciones que iban desde el aprobado hasta el sobresaliente y que se desglosan en la Tabla 6 numéricamente y en la Figura 2 porcentualmente, donde puede observarse que el 100% del alumnado que prosiguió con la asignatura aprobó, siendo las calificaciones más habituales la de Bien y Notable.

Tabla 6. Desglose de calificaciones finales en la asignatura MMI

	Aprobado (A)	Bien (B)	Notable (N)	Sobresaliente (Sb)
Nº estudiantes	4	11	10	2

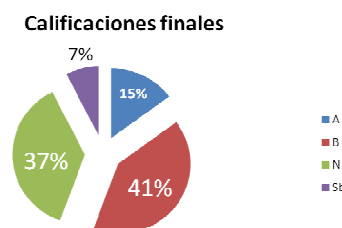


Figura 2. Porcentajes en las calificaciones finales en la asignatura MMI.

Para analizar los resultados del sistema de evaluación, desglosamos un poco más la calificación de la asignatura viendo por separado la evaluación de las tareas y de las defensas orales. Respecto a estas últimas, observamos en la Figura 3 las calificaciones para cada una, las cuales mejoraron en la segunda defensa respecto a la primera, especialmente en referencia al número de Suspenso (Su). De hecho, todas las calificaciones en la segunda defensa disminuyeron con respecto de la primera defensa, salvo las calificaciones Notable (N) y Sobresaliente (Sb), con un considerable incremento. Las calificaciones de la tercera defensa fueron inferiores a las de la segunda, en parte porque la calificación era la misma para todos los miembros del grupo y eso hizo que las calificaciones se normalizasen porque el alumnado no se distribuyó en grupos homogéneos con respecto a los niveles de competencia. También queremos resaltar que el número de No Presentados (NP) a esta defensa fue sorprendentemente superior con respecto al de las defensas anteriores (casi inexistentes). Esto pudiera deberse en parte a que dicha defensa se realizó al final del semestre, disponiendo el alumnado de bastante información sobre su evaluación e incluso porque la práctica totalidad del alumnado tenía conocimiento de haber superado la asignatura. Al igual que hacemos esta interpretación del número de No Presentados, querríamos remarcar que ese número fue solo de 6 estudiantes (22% de los que acabaron la asignatura), realizando el restante 78% dicha defensa siendo la calificación Notable la de mayor frecuencia.

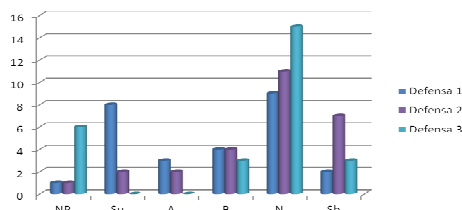


Figura 3. Número de estudiantes por calificaciones en las defensas orales.

Para que nos hagamos una idea numérica sobre las calificaciones que obtuvo nuestro alumnado en las defensas orales, mostramos en la Figura 4 el gráfico sectorial indicando el porcentaje de dichas calificaciones. Recuérdese que las defensas solo proporcionaban un 30% de la calificación o, lo que es lo mismo, 3 puntos. Puede observarse que el 71% del alumnado obtuvo una calificación entre 2 y 3 puntos, siendo un 30% los que superaron los 2.5 puntos. Esto lo consideramos un buen resultado respecto de las calificaciones de las defensas orales

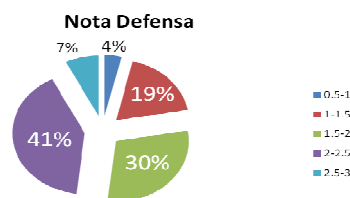


Figura 4. Porcentaje de cada calificación en las defensas orales.

Este mismo estudio lo hemos hecho para las tareas realizadas por el alumnado, consistente en un 60% de la calificación (i. e. 6 puntos). Recuérdese que la calificación de cada tarea se realizó en dos etapas: La primera etapa consistía en una evaluación tras la primera entrega y conllevaba elaborar un informe para el alumnado; mientras que la segunda etapa se realizaba tras la segunda entrega y

señalaba la calificación que se le asignaría a cada estudiante. En la Figura 5 mostramos las calificaciones obtenidas tras la primera entrega para cada tarea, indicando el número de estudiantes alcanzando dicha calificación. Puede observarse que el número de Suspenso fue decreciendo a partir de la tercera tarea, con algún ligero repunte pero sin alcanzar el valor de las tres primeras. Igualmente, el número de Sobresaliente y Notable también aumentó considerablemente de una tarea a otra. La tarea grupal, la novena, empeoró las calificaciones con un elevado número de No Presentado y de Aprobado por los motivos ya indicados al hablar de la tercera defensa oral. Como puede verse en la Figura 6, más del 80% del alumnado consiguió alcanzar un mínimo de 3 puntos por la entrega de tareas tras la primera entrega, siendo un 30% el porcentaje en la franja de 4 a 5 puntos. En esta primera entrega, ninguno de los estudiantes entregó un trabajo que pudiese alcanzar una calificación más elevada, de 5 a 6 puntos.

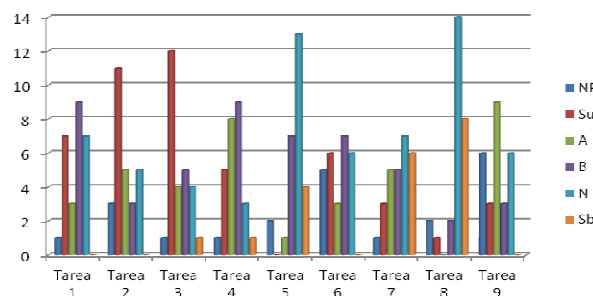


Figura 5. Número de estudiantes por calificación en tareas tras primera entrega.

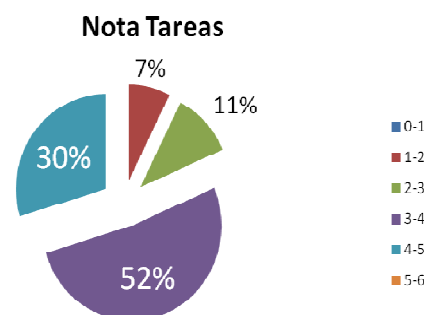


Figura 6. Porcentaje de cada calificación en las tareas tras primera entrega.

Las calificaciones de la segunda entrega para las tareas 1 a 8 (la novena no permitía segunda entrega) se observan en la Figura 7. Queremos resaltar que, por lo general, el alumnado aprovechó la oportunidad de subir una segunda versión de la tarea, trabajando los informes individualizados que se hicieron llegar y aprovechando las tutorías presenciales y virtuales con el equipo docente para corregir los errores cometidos en la primera entrega. El número de Notable y Sobresaliente aumentó considerablemente con respecto a la primera entrega. Más aún, en comparación con la primera entrega, las calificaciones No Presentado y Suspenso llegaron a ser residuales e incluso inexistentes. Si comparamos las Figuras 5 y 7, podemos comprobar que el sistema de portafolios permite al alumnado ir corrigiendo sus errores y aprender de los mismos para alcanzar un nivel de competencia adecuado en la resolución de los problemas tratados en la asignatura.

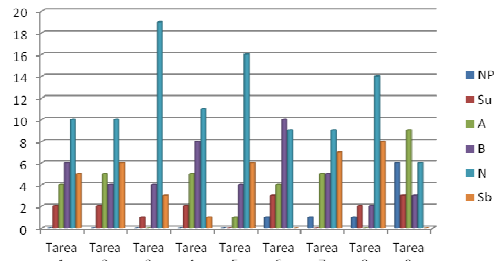


Figura 7. Número de estudiantes por calificación en tareas tras segunda entrega.

En la Figura 8, vemos la distribución porcentual de las calificaciones de 0 a 6 puntos obtenidas en las tareas. Casi el 75% del alumnado pasó a tener una calificación superior a 4 puntos en las tareas, frente al 80% que en la primera entrega superó los 3 puntos. Más aún, en esta segunda entrega ningún estudiante obtuvo menos de 3 puntos. Pese al aumento de las calificaciones de todo el alumnado, solo uno alcanzó el nivel de calificación entre 5 y 6 puntos.

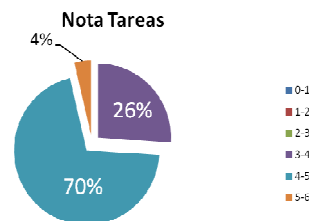


Figura 8. Porcentaje de cada calificación en las tareas tras segunda entrega.

En vista de los datos descritos, creemos estar en disposición de afirmar que, con el sistema de evaluación seguido en esta asignatura, se puede lograr que el alumnado alcance unos niveles de competencia adecuados para superar la asignatura acorde a la guía docente. Además, el alumnado se ha sentido motivado durante el semestre viendo la evolución de sus calificaciones y, por tanto, se ha evitado un mayor abandono de la asignatura y que el propio alumnado se implique en superarla después de haber trabajado considerablemente en la misma.

7. Ejemplo de problema a evaluar

A modo de ejemplo, mostramos cómo evaluar un problema trabajado con Mathematica. Hemos optado por un ejemplo de álgebra numérica relativo a resolver una ecuación no lineal usando el método de bisección:

Enunciado: Encontrar un valor aproximado de $\sqrt[3]{2}$ mediante el método de bisección con 3 cifras decimales exactas.

Resolución: El alumno debe responder adecuadamente los siguientes ítems:

- Elegir la función adecuada f que permita aproximar el valor que piden como si fuese una solución de una ecuación $f(x) = 0$.
- Obtener un intervalo de los números reales en el que la ecuación $f(x) = 0$ solo contenga una única solución.
- Comprobar en dicho intervalo las hipótesis del Teorema de Bolzano.
- Aplicar correctamente el criterio de parada para decidir en qué iteración paramos para obtener la precisión o exactitud exigida en el enunciado.

- e) Presentar la solución de forma coherente, interpretando los resultados obtenidos mediante el tratamiento computacional.

El apartado a) corresponde a traducir el cálculo de una raíz cúbica a resolver una ecuación no lineal. El alumnado debe considerar que está buscando el valor de la variable $x = \sqrt[3]{2}$, que al despejar el número 2, nos lleva a la ecuación $x^3 - 2 = 0$ y, por tanto, la función f buscada en este apartado resulta ser $f(x) = x^3 - 2$.

Una vez obtenida la función f , pasaríamos al apartado b) con el fin de localizar y separar las soluciones en intervalos disjuntos conteniendo una única solución. Para ello, el alumnado puede hacer uso del estudio de la monotonía de la función f . Bastaría con estudiar la primera derivada de la función, que resulta ser $f'(x) = 3x^2$. La única solución de esta derivada (i.e. punto crítico de la función f) se encuentra precisamente en $x=0$ y, en consecuencia, los dos intervalos de monotonía resultan ser $(-\infty, 0)$ y $(0, +\infty)$. Eso quiere decir que la ecuación que estamos resolviendo tiene, a lo sumo, dos soluciones: una posible en cada intervalo.

Tras separar las posibles soluciones en intervalos disjuntos, quedaría ver si estos contienen soluciones. Aquí debe usarse con criterio el Teorema de Bolzano. Al ser intervalo de monotonía, el Teorema de Bolzano tiene un enunciado más potente: La existencia de cambio de signo de una función continua en los extremos de un intervalo equivale a la existencia de una única solución en dicho intervalo. Por tanto, si hay cambio de signo, el intervalo contiene una única solución y, en caso contrario, no contendría soluciones. Por tanto, pasaremos al punto c) y comprobaremos las hipótesis del Teorema de Bolzano a la vez que terminamos el apartado b).

La función f es continua en todo número real por ser polinómica. Por tanto, el Teorema de Bolzano es aplicable y solo restaría estudiar el cambio de signo en los extremos de los intervalos anteriormente obtenidos. Aquí es donde el alumnado podría empezar a usar el Mathematica como herramienta. Puede evaluar la función en los extremos de los dos intervalos anteriormente indicados:

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = -\infty < 0 \quad f(0) = -2 < 0 \quad \lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = +\infty > 0$$

El único cambio de signo para la función f ocurre en el intervalo $(0, +\infty)$ y la ecuación $f(x) = 0$ solo tiene una solución, que está en dicho intervalo. Ahora, el problema de nuestro alumnado radicaría en que el método de bisección necesita de un intervalo de tipo finito y el que tiene es de tipo infinito. Por tanto, debería buscar un subintervalo de $(0, +\infty)$ con alternancia de signo para la función f en sus extremos. Aquí hay múltiples opciones, recomendándosele que utilicen un intervalo con la menor amplitud posible. Para continuar con nuestro ejemplo, consideraremos el intervalo $[1, 1.5]$ que presenta cambio de signo en los extremos:

$$f(1) = -1 < 0 \quad f(1.5) \approx 1.375 > 0$$

Una vez se dispone de un intervalo finito (de amplitud no muy grande) y con alternancia de signo para la función f en sus extremos, podemos aplicar el método de bisección a f en ese intervalo. Con las iteraciones iniciales $x_0 = 1$ y $x_1 = 1.5$, se

calcula el punto medio de ambos puntos, obteniéndose la siguiente aproximación del valor $\sqrt[3]{2}$:

$$x_2 = \frac{x_0 + x_1}{2} = 1.25$$

Ahora habría que estimar el error absoluto cometido con esta aproximación respecto del valor exacto. Dicho error se estimaría como $E_A \approx |x_2 - x_1| = 0.25$.

Como buscamos una aproximación con tres cifras decimales exactas, el alumnado debería de interpretar esa condición como la de obtener un error absoluto menor que 10^{-3} . Al no ser este el orden del error cometido, se calcularía la siguiente iteración. Para ello, debemos saber si aplicar la fórmula del punto medio al intervalo $[x_0, x_2]$ o al $[x_2, x_1]$. La elección dependerá de que el intervalo contenga la solución buscada; es decir, que la función f presente cambio de signos en sus extremos:

$$f(x_0) = f(1) = -1 < 0 \quad f(x_2) = f(1.25) \approx -0.046 < 0 \quad f(x_1) = f(1.5) \approx 1.375 > 0$$

El cambio de signo ocurre pues en el intervalo $[x_2, x_1]$ y este es el intervalo que utilizamos para calcular la siguiente iteración:

$$x_3 = \frac{x_2 + x_1}{2} = 1.375$$

y su correspondiente error absoluto $E_A \approx |x_3 - x_2| = 0.125$. Como el error es mayor del que pedimos, tenemos que determinar si el siguiente intervalo sería $[x_2, x_3]$ o $[x_3, x_1]$. Continuaríamos aplicando este procedimiento, estudiando los extremos de los dos subintervalos hasta obtener un error absoluto del nivel que se ha exigido. En Tabla 7 aparecen las nueve iteraciones necesarias para obtener un error absoluto menor que 10^{-3} .

**Tabla 7. Iteraciones necesarias para obtener aproximación de la solución
con error absoluto menor que 10^{-3} .**

Iteración	Extremo inferior	Extremo superior	x_n	Imagen de extremo inferior	Imagen de extremo superior	$f(x_n)$
2	$x_0 = 1$	$x_1 = 1.5$	$x_2 = 1.25$	-	+	-
3	$x_2 = 1.25$	$x_1 = 1.5$	$x_3 = 1.375$	-	+	+
4	$x_2 = 1.25$	$x_3 = 1.375$	$x_4 = 1.3125$	-	+	+
5	$x_2 = 1.25$	$x_4 = 1.3125$	$x_5 = 1.28125$	-	+	+
6	$x_2 = 1.25$	$x_5 = 1.28125$	$x_6 = 1.265625$	-	+	+
7	$x_2 = 1.25$	$x_6 = 1.265625$	$x_7 = 1.2578125$	-	+	-
8	$x_7 = 1.2578125$	$x_6 = 1.265625$	$x_8 = 1.26171875$	-	+	+
9	$x_7 = 1.2578125$	$x_8 = 1.26171875$	$x_9 = 1.259765625$	-	+	-
10	$x_9 = 1.259765625$	$x_8 = 1.26171875$	$x_{10} = 1.2607421875$	-	+	+
11	$x_9 = 1.259765625$	$x_{10} = 1.2607421875$	$x_{11} = 1.26025390625$	-	+	+

Todos los cálculos se harían con la ayuda de Mathematica y el alumnado tras razonar las primeras iteraciones debería concluir que la aproximación solicitada en el enunciado era $x \approx 1.260$ ya que $E_A \approx |x_{11} - x_{10}| \approx 0.0004 < 10^{-3}$.

8. Conclusiones

En el presente trabajo hemos presentado el sistema de evaluación usado en la asignatura MMI, que hemos basado en la estrategia del portafolios y con el que el alumnado ha ido realizando una serie de actividades en el semestre que fueron evaluadas y pudieron corregir antes de darle su evaluación final en la asignatura. Esta estrategia de evaluación nos ha permitido usar eficazmente las funciones reguladora y formativa existentes en toda evaluación continua. También hemos explicado la distribución de las actividades evaluativas durante el semestre, indicando su secuenciación. Igualmente, hemos argumentado la decisión de suprimir el examen final, mostrando la validez de una evaluación continua sin dicha prueba.

Con ello hemos procurado que el alumnado fuese obteniendo y mostrando su capacitación (competencia) en los tópicos trabajados en la asignatura durante el transcurso del mismo.

La dinámica de entrega de tareas de evaluación por el alumnado ha funcionado bastante bien, una vez que el alumnado asimiló la misma y la necesidad de un mínimo de calidad en sus tareas desde un punto de vista técnico y formal.

También hemos expuesto la importancia tanto del trabajo autónomo del alumnado como del aprovechamiento de la acción tutorial ofertada y fomentada por el equipo docente. Esta acción tutorial no se limitó a atender tutorías en el despacho, sino que se extendió a supervisar y responder consultas realizadas telemáticamente y fuera de horario, enfatizando el uso de las tutorías virtuales con las herramientas de comunicación de Blackboard. Estas agilizaron y potenciaron la comunicación docente-estudiante, estudiante-estudiante o docente-docente, dándoles las mismas posibilidades a quienes no podían asistir a las tutorías presenciales.

No todo ha sido positivo. Se intentó llevar un diario de seguimiento de cada estudiante, pero por el volumen de trabajo que conllevó la evaluación no se realizó dicho diario y nos tuvimos que limitar a las anotaciones tomadas en clase. Por otra parte, también deberíamos de resaltar que el éxito de la metodología y el sistema de evaluación empleados es un triunfo a medias, pues la tasa de abandono en las dos primeras semanas del cuatrimestre fue medio-alta y esto, en parte, facilitó en gran manera una tutorización individualizada durante el curso 2010/11.

Bibliografía

- ANECA (2005). *Libro blanco del título de grado en ingeniería informática*. Madrid: Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación.
- Arbizu, F., Lobato, C., del Castillo, L. (2005). Algunos modelos de abordaje de la tutoría universitaria. *Revista de Psicodidáctica*, 1, 7-22.
- Barberá, E. (1999). *Evaluación de la enseñanza, evaluación del aprendizaje*. Barcelona: Edebé.
- Bermudo, S.; Moreno, P., Tenorio, A.F. (2006). Una experiencia piloto en la Universidad Pablo de Olavide: Fundamentos Matemáticos de la Informática I y II y

- Estadística de la Ingeniería Técnica en Informática de Gestión. En *Actas de I Jornadas Nacionales de Intercambio de Experiencias Piloto de Implantación de Metodologías ECTS* (8pp.). Badajoz: Universidad de Extremadura.
- Bologna Follow-Up Group Secretariat (2010). The Official Bologna Process Website [en línea]. Recuperado 11/10/2011, de <http://www.ehea.info/members.aspx>.
- Daniels, H. and Garner, P. (1999). *Inclusive Education*. London: Kogam.
- Gewerc Barujel, A.; Montero Mesa, L. y Pernas Morado, E. (2011). Competencia digital y planes de estudio universitarios. En busca del eslabón perdido. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 8(2), 14-30.
- Hernández-Jiménez, B., Moreno, P. y Tenorio, A.F. (2008). La tutoría: un apoyo sustancial de la Estadística–Matemáticas en la Ingeniería Técnica en Informática de Gestión de la Universidad Pablo de Olavide. En M. Zapata-Ros (Ed.), *Actas del Seminario Internacional RED-U 2-08: La acción tutorial en la Universidad del siglo XXI*. (8pp.) Murcia: Red-U.
- Imbernon, F. y Medina, J.L. (2005). *Metodología participativa en el aula universitaria. La participación del alumnado*. Barcelona: Editorial Octaedro.
- Le Boterf, G. (2000). *Ingeniería de las competencias*. Barcelona: Gestión 2000/EPISE.
- McDonald, R.; Boud, D.; Francis, J. y Gonczi, A. (2000). Nuevas perspectivas sobre la evaluación. *Boletín Técnico Interamericano de Formación Profesional*, 149, 41-72.
- Martínez González, J.A. (2010). La naturaleza de las competencias en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, 2, 22. [en línea] Recuperado 1/10/2011, de <http://www.eumed.net/rev/ced/22/jamg.htm>.
- Mateo, J. (2007). Interpretando la realidad, construyendo nuevas formas de conocimiento: el desarrollo competencial y su evaluación. *Revista de Investigación Educativa*, 25, 513-531.
- MECD (2003). *La integración del sistema universitario español en el Espacio Europeo de Enseñanza Superior. Documento-marco*. Madrid: Ministerio de Educación, Ciencia y Deporte.
- McClelland, D. (1973). Testing for Competence Rather Than for Intelligence. *American Psychologist*, 28, 1-14.
- Montero, L. (2006). Enseñanza de la Matemática dominada por algoritmos versus una enseñanza más conceptual. En J. Segura (Ed.), *Actas digitales I Encuentro de Enseñanza de la Matemática*. Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Morin, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Seix Barral.
- Pérez-Jiménez, A.J. (2005). Algoritmos en la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 1, 37-44.
- Pozo-Llorente, M.T. y B. García-Lupián (2006). El portafolios del alumnado: una investigación-acción en el aula universitaria. *Revista de Educación*, 341, 737-756.
- Roé, R.A. (2002). What makes a competent psychologist? *European Psychologist*, 7, 192-202.
- Sáenz Castro, C. (2001). Una nueva función formativa: la tutoría telemática. *Tarbiya: Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 29, 119-133.

- Stainback, W.; Stainback, S. y Moravec, J. (1999). Un currículo para crear aulas inclusivas. En S. Stainback y W. Stainback (Eds.). *Aulas inclusivas* (pp. 83-101). Madrid: Narcea.
- Tenorio, A.F. (2008). Propuesta de actividades con calculadora gráfica para el tratamiento de operaciones matriciales en el aula. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 15, 171-190.
- Tenorio, A.F. (2010). Resolución de problemas asistida por software matemático: evaluando conocimientos y procedimientos en el alumnado. En *Actas VI Congreso Internacional de Docencia e Innovación Universitaria* (23pp.). Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya.
- Tenorio, A.F.; Paralera, C. y Martín, A.M. (2010). Evaluación mediante competencias digitales: una experiencia con Mathematica. *Epsilon: Revista de la SAEM THALES*, 75, 123-136.

Ángel F. Tenorio Villalón. Licenciado en Ciencias Matemáticas por la Universidad de Sevilla y Doctor por esa misma universidad. Actualmente es Profesor Contratado Doctor en la Universidad Pablo de Olavide y miembro de la Junta Directiva Provincial de la S.A.E.M. THALES en Sevilla, de la cual ha sido Secretario y Delegado Provincial. Sus publicaciones son referentes a la Teoría de Lie, la Historia de las Matemáticas y la metodología ECTS en las universidades españolas.

Eva Oliver García. Licenciada en Ciencias Matemáticas por la Universidad de Sevilla. Actualmente es Profesora Asociada en la Universidad Pablo de Olavide. Ha realizado varias contribuciones a congresos en el ámbito de la enseñanza de las matemáticas en el ámbito de la docencia universitaria.

