

# CUIEET

Gijón

Gijón,  
25, 26 y 27 de  
junio 2018

## XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas

Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón

### LIBRO DE ACTAS



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
University of Oviedo



LIBRO DE ACTAS DEL  
**XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa**  
**En las Enseñanzas Técnicas**  
25-27 de junio de 2018  
Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón  
UNIVERSIDAD DE OVIEDO

© Universidad de Oviedo, 2018

ISBN: 978-84-17445-02-7

DL: AS 1893-2018

La importancia de las empresas como patrocinadores de los laboratorios de fabricación (Fab Labs)	1
La formación dual universitaria en el Grado en Ingeniería en Automoción de la IUE-EUI de Vitoria-Gasteiz. Requisitos de calidad	12
Prácticas formativas en la UPV: objetivo estratégico	24
Elaboración de <i>audioslides</i> para apoyo a la enseñanza en inglés en los grados bilingües	36
<i>Effect of Industry 4.0 on education systems: an outlook</i>	43
Uso de simuladores y herramientas de programación para facilitar la comprensión de la operación de los sistemas eléctricos	55
Aplicación de ejercicios resueltos de ingeniería del terreno con recursos de acceso libre para teléfonos móviles y tabletas electrónicas	67
<i>Proposal to determine learning styles in the classroom</i>	77
La soledad de los Millennials ricos en la EPI de Gijón	84
Mejora de la calidad de la formación postgraduada en ortodoncia de la Universidad de Oviedo	96
El plagio entre el alumnado universitario: un caso exploratorio	106
Competencias necesarias en el ejercicio de la profesión de Ingeniería Informática: experimento sobre la percepción de los estudiantes	116
El proyecto <i>Flying Challenge</i> , una experiencia de interconexión universidad-empresa utilizando mentoría entre iguales	127
Formación en ingeniería con la colaboración activa del entorno universitario	134
“Emprende en verde”. Proyecto de innovación docente de fomento del emprendimiento en el ámbito de las Ingenierías Agrarias	146
Competencia transversal de trabajo en equipo: evaluación en las enseñanzas técnicas	158
<i>Introducing sustainability in a software engineering curriculum through requirements engineering</i>	167

Percepción de las competencias transversales de los alumnos con docencia en el área de producción vegetal	176
Experiencia de aprendizaje basado en proyectos con alumnos Erasmus	186
Elaboración de un juego de mesa para la adquisición de habilidades directivas en logística	198
Proyecto IMAI - innovación en la materia de acondicionamiento e instalaciones. Plan BIM	210
<i>BIM development of an industrial project in the context of a collaborative End of Degree Project</i>	221
Desarrollo de un sistema de detección de incendios mediante drones: un caso de aprendizaje basado en proyectos en el marco de un proyecto coordinado en un Máster Universitario en Ingeniería Informática	231
Algunas propuestas metodológicas para el aprendizaje de competencias matemáticas en ingeniería	243
Riesgos psicosociales del docente universitario	255
<i>Face2Face</i> una actividad para la orientación profesional	267
Trabajo fin de grado. Una visión crítica	276
Gamificaci en el aula: “ <i>Escape Room</i> ” en tutorías grupales	284
Una evolución natural hacia la aplicación del aprendizaje basado en diseños en las asignaturas de la mención de sistemas electrónicos del Grado en Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación. Una experiencia docente desde la EPI de Gijón	296
Propuesta para compartir escenarios docentes a través de <i>visual thinking</i> . Bases de la termografía, equipos electromédicos termo-gráficos y su aplicación en salud	308
EMC: aspectos prácticos en el ámbito docente	316
Habilidades sociales en la ingeniería	327
Aprendizaje orientado a proyectos integradores y perfeccionamiento del trabajo en equipo caso - Máster Erasmus Mundus en Ingeniería Mecatrónica	339

Tendencias en la innovación docente en enseñanzas técnicas: análisis y propuesta de mejoras para la asignatura Mecánica de Fluidos	349
Diseño y puesta en marcha de una práctica docente basada en recuperación de energía térmica mediante dispositivos termoeléctricos	361
Caso de estudio en el procedimiento de un grupo de estudiantes cuando se aplica Evaluación Formativa en diferentes materias de un Grado de Ingeniería	373
Visionado de vídeos como actividad formativa alternativa a los experimentos reales	385
Utilización de vídeos <i>screencast</i> para la mejora del aprendizaje de teoría de circuitos en grados de ingeniería	394
La invasión de los garbanzos	406
Evolución del sistema de gestión de prácticas eTUTOR entre los años 2010 y 2017	418
Implementación de juegos educativos en la enseñanza de química en los grados de ingeniería	430
Trabajando interactivamente con series de Fourier y trigonométricas	439
Aproximación de las inteligencias múltiples en ingeniería industrial hacia una ingeniería inteligente	450
Cooperando mayor satisfacción. Experiencias de dinámicas cooperativas en 1 <sup>er</sup> curso de ingeniería en el área de expresión gráfica.	461
Cognición a través de casos en el área de Acondicionamiento e Instalaciones de la E.T.S. de Arquitectura de Valladolid	473
Un instrumento para explorar las actitudes hacia la informática en estudiantes de matemáticas	482
La metodología <i>contest-based approach</i> en STEM: modelización de datos meteorológicos	493
Técnicas de gamificación en ingeniería electrónica	505
El reto del aprendizaje basado en proyectos para trabajar en competencias transversales. aplicación a asignaturas de electrónica en la ETSID de la UPV	521

Dibujo asistido por ordenador, sí, pero con conocimiento de geometría	534
Introduciendo la infraestructura verde y los sistemas de drenaje sostenible en los estudios de grado y postgrado en ingeniería	547
Aprendizaje colaborativo en Teoría de Estructuras	559
Modelo de evaluación y seguimiento de los trabajos fin de grado (TFG) y trabajos fin de máster (TFM) tutorizados en el área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación	567
El Taller de Diseño como núcleo de innovación docente y eje de adquisición de competencias en la formación del Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Productos	579
Diseño y evaluación de un laboratorio virtual para visualizar en 3D el gradiente y la derivada direccional en un campo escalar bidimensional	588
La ludificación como herramienta de motivación en la asignatura bilingüe <i>Waves and Electromagnetism</i>	600
Gamificación en la impartición de Cálculo de Estructuras	612
Análisis de las actitudes visuales y verbales de alumnos noveles de Grado de Ingeniería en la Universidad Politécnica de Cartagena	621
Diseño curricular del Programa de Ingeniería Mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, sede Medellín, Colombia	633
Evaluación significativa de prácticas de laboratorio: portfolios <i>versus</i> prueba final objetiva	644
Introducción de la Cultura Científica en Grados de Ingeniería	658
Detección de errores conceptuales en Matemáticas de los alumnos del grado en Ingeniería Informática del Software en su primer año de carrera.	665
Rúbrica de evaluación en un laboratorio de Ingeniería Química	676
Factores explicativos de la elección de grados en el área agroalimentaria	686
Diseño de una actividad para el desarrollo y evaluación de competencias transversales en el ámbito de la Teoría de Máquinas y Mecanismos	696

Necesitamos “ <i>engineers</i> ”. Programa para el desarrollo de las competencias de una ingeniera	708
Estudio de la Implantación de Competencias dentro del marco europeo: revisión prospectiva en las enseñanzas técnicas de la Universidad de Oviedo	718
Sostenibilidad e Ingeniería Industrial: estrategias para integrar la ética en los programas de formación	730
Una experiencia en proyectos europeos de ambito educativo	743
Modelos didácticos de Goma-EVA para visualizar conceptos y detalles en la enseñanza de estructuras metálicas	750
<i>Introduction to the Fluid Dynamics of Biological Flows. Innovation project using the CFD simulation of the lung air flow.</i>	762
Aprendizaje activo y cooperativo en el Area de Informática Industrial	772
Aprender en el contexto de la empresa	784
Valoración por las empresas de las competencias en las prácticas realizadas por alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño	792
Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: Aula Universitaria de Arquitectura	804
Nuevas técnicas metodologías para el fomento de habilidades transversales y transferencia del conocimiento en universitarios	815
Formación en competencias socialmente responsables en la Universidad de Oviedo	823
Competencias transversales en la asignatura Tecnología Medioambiental	833
Actividad sobre la competencia emprendedora introduciendo <i>Lean Startup</i> en un grado de ingeniería	842
Evaluación de la competencia transversal ‘Comunicación Efectiva’ mediante presentaciones en vídeo	854
Dinamización del aprendizaje de VHDL a través del aprendizaje basado en proyectos en una asignatura de máster	863
Proyecto Solar-F. Desarrollo de un prototipo de seguidor solar	875

Definición de tareas de aprendizaje basado en proyecto colaborativo para Ingeniería Mecatrónica	883
La investigación-acción participativa como herramienta de responsabilidad social universitaria	895
Implantación del Programa de Mentorías entre iguales MENTOR EPIGIJON	907
De Orienta a Mentor	919
Sello RIME de calidad de la función orientadora. Poniendo en valor la acción tutorial	931
Establecimiento de una relación productiva doctorando/supervisor: expectativas, roles y relación	943
Análisis de singularidades en transformaciones trifásicas, empleando una plataforma educativa para ingeniería	953
El cuadro de mandos como entorno educacional	961
DIBUTECH: plataforma web interactiva para la resolución de ejercicios gráficos en Ingeniería	975
Alumnos más participativos con el uso de herramientas de gamificación y colaboración	985
Utilización de prensa <i>online</i> , Campus Virtual y dispositivos móviles para el aprendizaje y aplicación de conceptos económico-empresariales en estudiantes de ingeniería	997
El rol de la práctica de campo en la clase inversa. Caso práctico sobre el diseño de productos para la <i>smartcity</i> en el contexto del Jardín del Túria	1008
Desarrollo de competencias transversales en ingeniería con el inglés como lengua vehicular y mejora de la participación con aprovechamiento en clase.	1019
Experiencia de desarrollo y evaluación de prácticas utilizando TIC	1031
Diseño e implementación de una herramienta de coordinación de los títulos que se imparten en la Escuela de Ingenierías Industriales	1042
<i>Framework for the analysis of students association' interests &amp; voices</i>	1054

Mejora continua en el proceso de internacionalización de la ETS de Ingeniería y Diseño Industrial (ETSIDI) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM)	1066
Calidad del empleo de la/os egresada/os de Arquitectura Técnica de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) en el período 2005-13: diferencias de género	1076
<i>Student's cognitive style towards innovation. A pilot study at ETSIDI-UPM</i>	1087
Optimización del proceso creativo en el aula: entrenamiento de la actitud creadora para reducir la complejidad multidimensional del pensamiento creativo en el equipo	1091
La formación específica en competencias transversales como contenido integrado en el plan docente	1096
Los alumnos deciden: Edublog de la asignatura Estadística	1102
La necesidad de la eficiencia energética en las infraestructuras universitarias	1106
<i>Learning by engineering: del Lean Manufacturing a la Industria 4.0</i>	1110
Prácticas de laboratorio avanzado en últimos cursos de grado	1114
Propuesta de actividad de aprendizaje colaborativo en una asignatura de máster universitario	1118
Mejora de la praxis docente mediante la inclusión de actividades para el desarrollo de las capacidades metacognitivas de los estudiantes	1122
Factores curriculares y evolución tecnológica que inciden en la resolución de sistemas de ecuaciones lineales	1126
Ética y sostenibilidad: buscando hueco en los planes de estudios	1130
Descripción de una experiencia con el uso de las TICs basada en el uso de videos explicativos y cuestionarios para una mejor comprensión de las prácticas de Física de Ingeniería Industrial	1134
Banco de ensayos para instalaciones de autoconsumo fotovoltaico aisladas y/o conectadas a red	1144
Diseño de mini-videos y mini-audios esenciales para el seguimiento óptimo de las asignaturas y la prevención de su abandono	1148

Aplicación interactiva <i>online</i> para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple	1152
Evaluación continua, compartida y progresiva aplicada al Grado de Ingeniería. Caso de estudio	1157
Diseño e implantación sistemática de evocaciones y de evaluación por rúbricas en Ingeniería Gráfica por medio de herramientas TIC	1163
Asignaturas de nivelación en Master de Ingeniería Mecatrónica. Ejemplo de Electrónica	1171
La competencia de responsabilidad	1183
MediaLab: nueva formación tecnológica y humanística en la Universidad de Oviedo	1196
Mejora de la calidad de los TFG en grados de ingeniería	1200
Desarrollo de competencias profesionales en las prácticas de laboratorio/taller	1204
La enseñanza de Estadística Aplicada en el Grado de Ingeniería Forestal: para y por ingenieros	1214
La redacción de informes técnicos y periciales como formación transversal en ingeniería	1225
BEE A DOER – Emprendiendo y aprendiendo impresión 3D	1230
Propuesta de curso NOOC: Iniciación a la química para titulaciones de ingeniería	1237
<i>Two-Storey building model for testing some vibration mitigation devices</i>	1241
Plataforma Web para el entrenamiento de las presentaciones orales del Trabajo Fin de Grado (TFG)	1245
Aprendizaje competencial efectivo mediante las prácticas del laboratorio de las asignaturas del área de Mecánica de Fluidos de los estudios de Grado y Máster de Ingeniería Industrial de la Escuela de Ingeniería de Bilbao	1249
Fabricación y caracterización de materiales compuestos. <i>Composite Materials: manufacturing and characterization</i>	1256

Desarrollo de competencias transversales en grados de ingeniería industrial mediante metodologías activas de enseñanza-aprendizaje basadas en el <i>mentoring</i> y ABP	1264
Planificación de prácticas de laboratorio basadas en un amplificador de radiofrecuencia de bajo coste orientadas a la enseñanza de asignaturas de Electrónica de Comunicaciones	1276
Orientación universitaria de estudiantes de ingeniería. Plan de acción tutorial de la Escuela Politécnica superior de Jaén (PAT-EPSJ)	1280
Experiencia innovadora en “las ciencias de la naturaleza de educación infantil”	1284
Actividad práctica de diseño para la fabricación asistida con CATIA: Doblado de chapa metálica	1290
La investigación como parte del proceso educativo de la enseñanza superior	1294
Aprendizaje Orientado a Proyectos en el diseño de sistemas mecánicos	1298
Evaluación del déficit de atención en niños mediante el análisis de tiempos de respuesta	1302
Desarrollo de proyectos didácticos para adquirir competencias transversales	1308
Competencias genéricas percibidas por los alumnos con formación en producción vegetal	1312
Enseñanza grupal. Estudio por casos de empresas Valencianas	1318
Implicación del alumnado en el proceso de aprendizaje mediante Trabajos Fin de Grado/Máster en Ingeniería de Telecomunicación	1322
<i>An example of company-university cooperation: Mathematical modeling and numerical simulation of heat dissipation in led bulbs</i>	1326
Aprendizaje centrado en el proyecto de estructuras adaptados a la enseñanza universitaria	1331
Nuevo enfoque pedagógico en la formación del perfil profesional para el desarrollo de proyectos de automatización industrial a través de un concepto de integración total	1335
Convenios de cooperación educativa en el ámbito náutico: universidad- empresa	1339

*Índice de ponencias*

Sinergia bidireccional universidad-empresa. Caso de estudio: proyecto de investigación ERGONUI-TME	1344
Estudio comparativo entre estudiantes de ingeniería de la Universidad de León mediante el <i>test Force Concept Inventory</i>	1350
Innovación para el desarrollo de nueva propuesta de máster semipresencial en prevención de riesgos laborales	1354
El círculo de Mohr y la innovación docente en educación superior	1359



## La soledad de los Métodos Numéricos en la EPI de Gijón

Pedro Fortuny Ayuso, Pedro M<sup>a</sup> Suárez Rodríguez, Luis Bayón Arnau, José M<sup>a</sup> Grau Ribas, J. A. Otero Corte

Departamento de Matemáticas, Universidad de Oviedo, Campus de Viesques, EPI Gijón, Asturias.  
mails: [fortunypedro@uniovi.es](mailto:fortunypedro@uniovi.es); [pedrosr@uniovi.es](mailto:pedrosr@uniovi.es); [bayon@uniovi.es](mailto:bayon@uniovi.es)

---

### **Abstract**

*Send abstract with a maximum of 200 words (in English).*

*We analyze, first of all, the unbelievable situation of the course on Numerical Methods in the EPI at Gijón compared to the Spanish academic curriculum. After assessing the inconveniences caused by that situation, we propose a methodology which attempts to palliate them and improve its integration in the degree. By means of group projects, the student will be able to assess the true outreach of the contents of the course.*

**Keywords:** *Curricular integration, Basic Training, Group Project, Transversality*

---

### **Resumen**

*Este trabajo analiza en primer lugar la insólita situación de la asignatura de Métodos Numéricos en la EPI de Gijón dentro del panorama universitario español. En segundo lugar y dados los inconvenientes que presenta su ubicación en el plan de estudios, proponemos una metodología que trata de mejorar la integración de dicha asignatura dentro de la carrera. A través de la realización de trabajos grupales el alumno será consciente del verdadero alcance de los contenidos que ha estudiado.*

**Palabras clave:** *Integración, Formación básica, Trabajos Grupales, Transversalidad.*

### **Introducción**

La integración de las asignaturas básicas dentro de los planes de estudios de las Escuelas de Ingeniería es desde hace tiempo objeto de controversia y debate entre los profesionales de la

educación. Los profesores de los primeros años de las carreras de ingeniería vivimos constantemente con la preocupación de que el alumno sea consciente de que está aprendiendo algo útil que va a necesitar aplicar a lo largo de la carrera, en resumen, que no está perdiendo el tiempo.

De entre las asignaturas básicas que se imparten a los alumnos (física, química, etc.), este trabajo va a analizar una asignatura correspondiente al área de las Matemáticas, quizás una de las más conflictivas.

Consideramos que caben, a grandes rasgos, dos posturas con respecto a este tema.

- Las matemáticas deben enseñarse como una mera herramienta de trabajo, sin importarnos sus futuras aplicaciones.
- Las matemáticas deben presentarse como una herramienta necesaria para poder resolver problemas interesantes de aplicación a situaciones reales.

Los partidarios de la primera postura defienden que el operario que fabrica una llave inglesa no tiene por qué saber construir un coche. Pero nosotros consideramos que este símil es incorrecto. Para nosotros la situación se asemeja mucho más a la relación que existe entre el que diseña los amortiguadores y el chasis del coche o al fabricante de los neumáticos. Todos deben trabajar unidos para conseguir un único objetivo: el coche o en nuestro caso el graduado en Ingeniería.

Ubicando ya nuestro estudio comenzaremos diciendo que en la EPI de Gijón se imparten diversos Grados en Ingeniería: Tecnologías Industriales, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Química Industrial, Ingeniería en Tecnologías y Servicios de Telecomunicación e Ingeniería Informática en Tecnologías de la Información.

Para centrar nuestro estudio y que sea más asequible, vamos a considerar el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales. En él, la Formación Básica en Matemáticas se estructura en las siguientes asignaturas. En primer curso: Álgebra Lineal, Cálculo, Métodos Numéricos y Estadística, todas ellas de formación básica y 6 créditos. En el apartado de Ampliación de Formación Básica y en segundo curso: Ampliación de Matemáticas, Obligatoria de 9 créditos.

La asignatura “Métodos Numéricos” tiene en la EPI de Gijón una situación realmente insólita dentro del panorama universitario español. Si nos centramos en el Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales (TI), vamos a comparar con la situación en otras escuelas de España, donde se imparte dicho grado.

En la Tabla 1 se presenta la Universidad de impartición, el nombre de la asignatura, el Curso (C), cuatrimestre dentro del curso (Q), número de créditos (Cr) y carácter (Ca).

Tabla 1. La asignatura en los Grados de TI

	Universidad	Asignatura	C	Q	Cr	Ca
[1]	UNED	Métodos Numéricos	4	2	5	OBL
[2]	Carlos III de Madrid	Cálculo Numérico	3	2	6	OPT
[3]	Politécnica de Cartagena	Cálculo Numérico	3	1	6	OBL
[4]	Pública de Navarra	Métodos Numéricos	3	2	3	OBL
[5]	A Coruña	Métodos Numéricos	4	1	6	OBL
[6]	Politécnica de Valencia	Métodos Matemáticos	2	2	6	OBL
[7]	Sevilla	Métodos Matemáticos	2	2	4,5	OBL
[8]	Politécnica de Madrid	Matemáticas de la especialidad	3	2	4,5	OBL
[9]	Valladolid	Matemáticas III	2	1	6	FB
[10]	Valladolid	Métodos Matemáticos en la Ing.	3	1	4,5	OBL
[11]	Politécnica de Cataluña	Métodos Numéricos	2	1	4,5	OBL
[12]	Vigo	Matemáticas de la especialidad	3	1	6	OBL
[13]	Jaume I	Métodos Matemáticos	3	1	6	OBL
[14]	Universidad de Cantabria	Métodos Matemáticos para Ing.	2	1	6	FB
[15]	Universidad de Cantabria	Métodos Numéricos	4	1	6	OBL

Fuente: Elaboración propia (2018)

Este estudio no es exhaustivo, pero sí bastante completo. En primer lugar, nos hemos limitado a las universidades públicas. Y en segundo lugar sólo hemos incluido los centros en donde los contenidos de cálculo numérico han sido recogidos en una asignatura (o a veces dos asignaturas), pero siempre siendo el constituyente fundamental de las mismas. Además, en algunas de las Escuelas en que se imparte en segundo curso, el contenido a esa altura es básico, pues hay más adelante otra materia complementaria.

En ocasiones, como en la Universidad de Zaragoza [16], el contenido de cálculo numérico se reparte entre varias asignaturas, siendo su presencia casi testimonial. Y en otros casos directamente no aparece en los planes de estudio, como en las Universidades de Deusto [17], Cádiz [18] y Nebrija [19]. Estos casos no los hemos incluido en la tabla.

Quizás donde mejor se plasme la incoherencia de esta situación es si reproducimos como se describen en la UNED los objetivos de esta asignatura

*“El objetivo de Métodos Numéricos es reforzar las competencias del grado que se desarrollan en los estudios de posgrado. No hay que olvidar que Métodos Numéricos es una asignatura ... que proporciona una formación necesaria para continuar los estudios, en la UNED, en el Máster universitario oficial que confiere las atribuciones profesionales del Ingeniero Industrial (superior)”.*

El estudio de las Matemáticas en la Ingeniería se debe a las leyes científicas, que, por estar basadas en experimentos u observaciones, se traducen en ecuaciones matemáticas. En cada caso las ecuaciones: lineales, no lineales, diferenciales... representan una simplificación idealizada del problema físico con el que nos encontramos, llamándose a este método modelización matemática del problema. Los Métodos Numéricos son imprescindibles como herramienta de aproximación de las soluciones no calculables analíticamente.

Por ejemplo, las Ecuaciones Diferenciales tienen una importancia fundamental para los ingenieros. Estas ecuaciones son fundamentales para poder desarrollar modelos matemáticos que van a servir para ayudar a comprender los diferentes fenómenos físicos que se les van a plantear. En el plan de estudios anterior existía la asignatura de Ecuaciones Diferenciales, que por desgracia en los distintos grados de ingeniería en nuestro centro desapareció y en la actualidad el tema de ecuaciones diferenciales se explica en la asignatura de Ampliación de Matemáticas que está ubicada en el segundo curso de la carrera. Si importante es para los ingenieros estudiar los conceptos y métodos de resolución de las ecuaciones diferenciales, aún más importante, hoy en día, es que conozcan los distintos métodos de resolución aproximada, tanto de las ecuaciones diferenciales ordinarias como de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales.

Por tanto, podemos resumir diciendo que los alumnos en primer curso:

- No han visto aún problemas reales de ingeniería.
- No saben lo que es modelizar matemáticamente un problema.
- No han visto el concepto de Ecuaciones Diferenciales. ¿Cómo van a resolverlas de forma numérica si no las han visto?

A la vista de esta situación, y dados los inconvenientes que presenta su ubicación en el plan de estudios, en la siguiente sección y como parte fundamental de este trabajo, proponemos una metodología que trata de mejorar la integración de dicha asignatura dentro de la carrera. Sin embargo, la tarea no es nada sencilla ya que en el primer año de la carrera es muy difícil proponer problemas atrayentes y que además puedan resolver los alumnos con los conceptos ya estudiados.

## Metodología

En este trabajo presentamos una metodología que hemos desarrollado en la EPI de Gijón en los últimos años para tratar de paliar esta situación.

Tradicionalmente en las asignaturas básicas de matemáticas se proponen numerosos ejercicios prácticos para que el alumno vea la aplicación de los conceptos estudiados en su carrera. Hay numerosos ejemplos en las áreas de integrales dobles, triples, de línea y de superficie para hallar áreas, volúmenes, circulación, flujos, etc. También se potencian los teoremas de Stokes y Gauss acudiendo a la teoría de campos eléctricos y magnéticos. Las series de Fourier son muy fáciles de motivar con el estudio de la señal y qué decir de las ecuaciones diferenciales: problemas de movimientos, circuitos eléctricos, vibraciones, leyes de crecimiento o desintegración, enfriamiento y calentamiento, etc. ¡Casi sería más fácil decir dónde no se aplican!

La situación, sin embargo, no es tan sencilla con la asignatura de Métodos Numéricos. Se trata de una asignatura donde el alumno debe entender en primer lugar que los problemas de ingeniería reales conllevan modelos matemáticos complejos. La utilización de esos modelos conduce a problemas cuya solución analítica es prácticamente imposible. De ahí la necesidad de los métodos numéricos.

La idea que mostramos a continuación consiste en proponer una serie de trabajos que los alumnos realizarán por grupos reducidos (3-4 alumnos por grupo) en las Prácticas de Laboratorio (PLs) de la asignatura. Además del propio trabajo, que presentan en un informe escrito, los alumnos también realizan una presentación oral en clase, delante del resto de compañeros y tras la cual se someten a las preguntas que les realizan tanto el profesor como el resto de compañeros de la clase. Por supuesto, el trabajo tiene un peso en la nota de la asignatura, en este caso el 20% de la nota de PLs.

Presentamos a modo de ejemplo varios de los temas que se proponen a los alumnos. Los primeros versan sobre la resolución de ecuaciones no lineales, a continuación, se presenta uno relacionado con los sistemas lineales y, finalmente un proyecto “inverso” en que la transformada de Fourier discreta se les presenta ya programada y con ejemplos y se espera que expliquen (al menos someramente) su funcionamiento. Todas las aplicaciones comienzan con una pequeña introducción que sirve de motivación para a continuación esbozar los principales objetivos que se pretenden conseguir.

### **Aplicación 1: LEYES DE LOS GASES IDEALES Y NO IDEALES**

La ley de los gases ideales está dada por:

$$PV = nRT$$

En ella  $P$  es la presión absoluta,  $V$  es el volumen,  $n$  es el número de moles,  $R$  es la constante universal de los gases y  $T$  es la temperatura absoluta. Sin embargo, el comportamiento de una sustancia real es mucho más complejo.

A lo largo del tiempo se han propuesto distintas ecuaciones de estado para los gases reales, siendo la más sencilla la de van der Waals:

$$\left(P + \frac{n^2 a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

Pero suele usarse esta forma alternativa de la ecuación de van der Waals en variables reducidas:

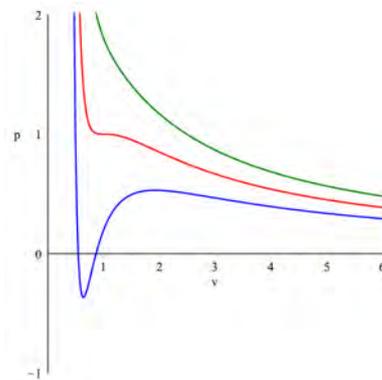
$$\left(P_R + \frac{3}{V_R^2}\right)(3V_R - 1) = 8T_R$$

O despejando:

$$V_R^3 - \frac{1}{3}\left(1 + \frac{8T_R}{P_R}\right)V_R^2 + \frac{3}{P_R}V_R - \frac{1}{P_R} = 0$$

Si representamos sus isothermas en un diagrama  $P$ - $V$  se tiene:

**Figura 1 Isothermas de la ecuación de van der Waals.**



Fuente: Elaboración propia.

Si fijamos la temperatura vemos que para ciertos valores de presión hay 3 valores de volumen y para otros sólo uno.

Fijando distintos valores de  $T_R$  y  $P_R$ , resolver la ecuación de van der Waals en varios casos. Aplicar los métodos vistos en clase, analizando las dificultades encontradas. Por ejemplo:

- En Bisección: Estudiar cómo estimar los dos valores iniciales.
- En Newton-Raphson: Estudiar cómo estimar el valor inicial.
- En Punto Fijo: Estudiar cómo elegir la función de iteración.

## Aplicación 2: FACTOR DE FRICCIÓN EN FLUIDOS

La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación ampliamente usada en fluidos. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería llena:

$$h_f = f \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

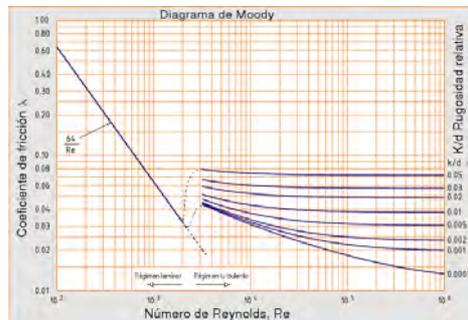
En ella:  $h_f$  = pérdida de carga debida a la fricción (m);  $f$  = factor de fricción de Darcy (adimensional);  $L$  = longitud de la tubería (m);  $D$  = diámetro de la tubería (m);  $g$  = aceleración de la gravedad  $\approx 9,81$  (m/s<sup>2</sup>);  $Q$  = caudal (m<sup>3</sup>/s),

El factor de fricción  $f$  es adimensional y varía de acuerdo a los parámetros de la tubería (rugosidad y diámetro) y del tipo de flujo (número de Reynolds). La ecuación más usada para calcular el factor de fricción es la *Ecuación de Colebrook-White*:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

En ella:  $Re$  = el número de Reynolds;  $e/D$  = la rugosidad relativa;  $f$  = el factor de fricción.

Figura 2 Diagrama de Moody.



Fuente: <https://es.wikipedia.org>.

Aunque la forma más sencilla y directa de obtener el valor de  $f$  es hacer uso del diagrama de Moody, existen muchas ecuaciones explícitas que se usan para aproximar a la ecuación de Colebrook-White. Entre ellas están: Streeter, Pavlov o Miller. Sin embargo, debe recordarse que estas ecuaciones y el gráfico sólo dan aproximaciones.

Nuestro trabajo se va a centrar, lógicamente, en resolver, con los Métodos Numéricos vistos en clase, dicha ecuación implícita.

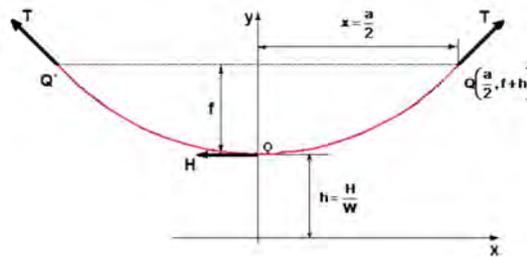
Fijando distintos valores de  $Re$  y  $e/D$ , resolver la ecuación de Colebrook-White y hallar el factor  $f$  para distintos casos. Aplicar los métodos vistos en clase, analizando las dificultades encontradas. Por ejemplo:

- En Bisección: Estudiar cómo estimar los dos valores iniciales.
- En Newton-Raphson: Estudiar cómo estimar el valor inicial.
- En Punto Fijo: Estudiar cómo elegir la función de iteración.

### Aplicación 3: CÁLCULO MECÁNICO DE LAS LINEAS DE TRANSMISIÓN

Se denomina catenaria la curva de equilibrio que adopta un hilo uniforme sometido a su propio peso. La distancia  $f$  entre el punto más bajo situado en el centro de la curva y la recta  $QQ'$ , que une los apoyos, recibe el nombre de *flecha*. Se llama *vano* o *luz* a la distancia  $a$  entre los dos puntos de apoyo.

Figura 3 Catenaria.



Fuente: [Cálculo Mecánico de Líneas de Transmisión, G. A. Nava]

Sea:  $H$  la Tensión horizontal en el punto más bajo de la catenaria (kg) y  $W$  el peso del cable por metro (kg/m). Se considera un eje de abscisas a una distancia de  $O$  de:

$$h = \frac{H}{W}$$

Se pueden deducir las siguientes ecuaciones para el arco de la catenaria.

Ecuación cartesiana de la catenaria:  $y = h \cosh\left(\frac{x}{h}\right)$

Longitud entre el vértice ( $x = 0$ ) y un punto de abscisa  $x$ :  $L = h \sinh\left(\frac{x}{h}\right)$

Tensión del cable en un punto cualquiera de abscisa  $x$ :  $T = H \cosh\left(\frac{x}{h}\right)$

Supongamos ahora el siguiente problema. Consideremos un cable con carga  $W$  constante por unidad de longitud del cable, donde son conocidas la flecha  $f$  y la luz  $a$  entre apoyos a la misma altura. Se desea calcular la tensión  $H$  y la tensión  $T$  en los extremos cable.

Para resolver el problema es preciso resolver la ecuación:

$$f + h = h \cosh\left(\frac{a}{2h}\right)$$

en  $h$ , y una vez obtenido el valor de  $h$ , los valores de la tensión se obtienen como:

$$H = Wh; T = H \cosh\left(\frac{a}{2h}\right)$$

Aplicar los métodos vistos en clase, analizando las dificultades encontradas. Por ejemplo:

- En Bisección: Estudiar como estimar los dos valores iniciales.
- En Newton-Raphson: Estudiar como estimar el valor inicial.
- En Punto Fijo: Estudiar cómo elegir la función de iteración.

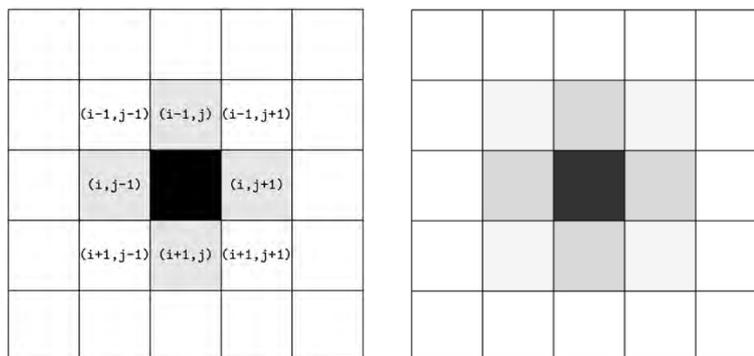
#### Aplicación 4: DESENFUQUE GAUSSIANO DE UNA IMAGEN

Dada una imagen (en escala de grises, para simplificar) entendida como una matriz de puntos, la operación de desenfoque gaussiano más elemental consiste en transformar la imagen haciendo que cada punto “distribuya” su intensidad entre los adyacentes, de manera que la suma de las proporciones asignadas a cada punto sea 1.

Para realizar este proceso se convierte la matriz de la imagen en un vector y (de manera elemental pero no óptima) se crea una matriz (dispersa, desde luego) del tamaño adecuado que represente la combinación de todas esas transformaciones (este tipo de desenfoque es una operación lineal). Como objetivos del trabajo están, a modo de ejemplo:

- Explicar cómo se transforma la imagen matricial en un vector.
- Describir explícitamente la matriz de transformación. Prestar especial cuidado a los puntos del borde de la imagen (¿cómo es en ellos la transformación? ¿y en las esquinas?).
- ¿Tiene la matriz alguna forma especial?
- ¿Cómo se calcula el desenfoque? ¿Cuántas iteraciones hacen falta?
- ¿Puede utilizarse esto para enfocar una imagen desenfocada? ¿por qué?

-  
- **Figura 4 Puntos adyacentes al (i,j) y en qué se transformaría si fuera 100% negro y el resto blanco.**

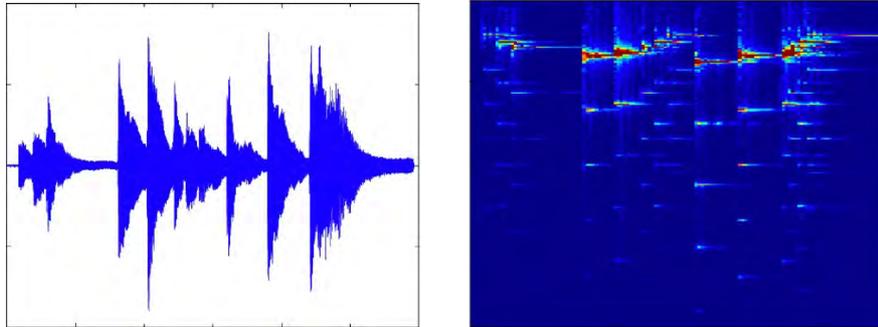


- Fuente: Elaboración propia.

### **Aplicación 5: El espectro de audio y la transformada de Fourier**

La discretización de una onda de audio puede representarse como una secuencia de presiones. Si se divide en tramas de breve duración y se calcula la transformada de Fourier discreta de la onda en cada una de ellas, se obtiene, para cada una, una distribución de las ondas principales que forman parte del sonido de la trama (el “espectro”). Si todas estas distribuciones se representan como una secuencia de líneas de intensidad, se obtiene una representación temporal de la distribución espectral del sonido completo: lo que se conoce como “el espectro” de la onda.

**Figura 5 Una onda de audio (una frase de piano) y una representación de su espectro.**



Fuente: Elaboración propia.

Este trabajo consiste en que los alumnos, a partir de los datos que se incluyen (una onda de una frase de piano y una de un trino de pájaro) y de los programas que se adjuntan (uno que realiza la transformada de Fourier de manera elemental y otro que calcula todo el espectro), traten de:

- Explicar las nociones de discretización, trama y espectro.
- Explicar la noción de transformada discreta de Fourier como interpolación lineal por mínimos cuadrados.
- Explicar las semejanzas y diferencias entre las gráficas de las ondas de audio (la del trino tiene mucho ruido) y sus correspondientes espectros.

Evidentemente, no se espera que los alumnos adquieran un conocimiento teórico de la transformada de Fourier, sino familiarizarlos con las técnicas de discretización, muestreo y aproximación por mínimos cuadrados en problemas con dimensiones grandes.

### **Reflexiones sobre los ejemplos**

Consideramos fundamental que sean los alumnos los que investiguen en primer lugar el origen del problema. El mero hecho de resolver funciones, por ejemplo, o de plantear sistemas de ecuaciones lineales genera una sensación de “irrealidad” natural en el alumno.

En segundo lugar, y una vez entendido el problema, deben relacionarlo (y, si es el caso, resolverlo) con los métodos numéricos apropiados. En este caso, para las ecuaciones no lineales, deben recurrir a bisección, regula falsi, punto fijo, Newton-Raphson y secante, que son los que se han estudiado en clase. Para las aplicaciones lineales y para el espectro, deben comprender el papel del álgebra lineal en las aplicaciones comunes: la gestión de imágenes o la transformada de Fourier.

Así, serán conscientes de que un problema real, no consiste en resolver un ejercicio “de salón”. Se encontrarán situaciones en que la física (o las restricciones de tamaño de una imagen) imponen requisitos que han de tenerse en cuenta a la hora de comprobar si la solución obtenida por medio de un método numérico es razonable o no. Si el Método de Newton da una raíz que implica un volumen negativo, o si la matriz de desenfoque no se define correctamente en los bordes, o si el espectro generara ondas con frecuencia mayor que la de Nyquist, ¿tendría sentido esa “solución”?

En el caso, además de las ecuaciones no lineales, los alumnos presentan las soluciones obtenidas comparando los distintos métodos y analizan las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos sobre un problema real. De esta forma son ellos los que juzgan al método y no es simplemente una pregunta más de un examen que hay que responder por obligación.

### **Resultados**

La primera implantación de esta metodología tuvo lugar en el curso 2016-17 y se comprobó que los alumnos mostraban un alto grado de interés en los problemas propuestos (que ese año consistieron exclusivamente en la utilización de los métodos aproximados de cálculo de raíces a problemas reales) y un buen grado de comprensión de ellos, lo que les lleva a experimentar de primera mano la utilidad de los algoritmos teóricos para aplicaciones experimentales ingenieriles.

### **Conclusiones**

Nos parece que la única manera de enfrentarse al problema de la desubicación de la asignatura en el plan de estudios es hacer que el alumno compruebe cómo las técnicas teóricas de cálculo numérico son directamente aplicables a problemas comprensibles por él. Esto requiere la búsqueda detallada de estas cuestiones, pues los estudiantes de primer curso no tienen el suficiente conocimiento de las materias como para plantearles problemas “de clase” en los que tenga sentido aplicar los métodos numéricos. Pensamos que la realización de un trabajo en grupo es un planteamiento coherente y eficaz para paliar esta deficiencia.

Ventajas:

- Al preparar ellos el tema se familiarizan con él y toman mucho más interés que si lo presentara el profesor.
- Son conscientes de lo diferente que es un problema real de uno teórico inventado.

- Al tener que resolver un problema real de forma eficiente, comparan los distintos métodos y fomentan el espíritu crítico.
- Conseguimos de laguna manera integrar la asignatura en la carrera, a pesar de estar aún en primer curso.

## **Referencias**

- [1] UNED: Ficha descriptiva de Métodos Numéricos (Cód. 68904032) <http://portal.uned.es/>
- [2] UC3M: Grado en Tecnologías Industriales <http://www.uc3m.es>
- [3] UPCT: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (5121) <http://www.upct.es>
- [4] UNavarra: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, Guía de asignaturas <http://www.unavarra.es/>
- [5] UDC: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, estructura <http://estudios.udc.es/>
- [6] UPV: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www.upv.es/>
- [7] US: Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales (Asignatura de Métodos Matemáticos) <http://www.us.es/>
- [8] UPM: Guía de Aprendizaje, Matemáticas de la especialidad de Ingeniería Mecánica (55000054) <http://www.upm.es>
- [9] UVA: Guía Docente Matemáticas III del grado en Tecnologías Industriales <http://www.uva.es/>
- [10] UVA: Proyecto Docente de la Asignatura Métodos Matemáticos en la Ingeniería, Grado en Tecnologías Industriales <http://www.uva.es/>
- [11] UPC: Ficha 240032 (Métodos Numéricos) <http://www.upc.edu>
- [12] UVigo: Ficha V12G360V01505, Matemática Aplicada I, Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www.uvigo.gal/>
- [13] UJI: Métodos Matemáticos (Cód. ET1022) <http://www.uji.es>
- [14] UNICAN: Guía de la asignaturas (código G1019) Métodos Matemáticos para la Ingeniería. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www.unican.es>
- [15] UNICAN: Guía de la asignaturas (código G697) Métodos. Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www.unican.es>
- [16] UNIZAR: Mapa del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www.unizar.es/>
- [17] Deusto: Plan de estudios, Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www.deusto.es/>
- [18] UCA: Planificación de la enseñanza, ESI. <http://www.uca.es/>
- [19] UNebrija: Plan de estudios del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales <http://www-nebrija.com/>