

# 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

*Índice de ponencias*

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 “engineers”. 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



## Introduction to the Fluid Dynamics of Biological Flows. Innovation Project using the CFD simulation of the lung air flow.

Adrián Pandal Blanco<sup>a</sup>, Raúl Barrio Perotti<sup>b</sup>, Jorge Parrondo Gayo<sup>c</sup>, Antonio Navarro Manso<sup>d</sup> y Eduardo Blanco Marigorta<sup>e</sup>

Universidad de Oviedo, Departamento de Energía, Área de Mecánica de Fluidos.

<sup>a</sup>[pandaladrian@uniovi.es](mailto:pandaladrian@uniovi.es), <sup>b</sup>[barrioraul@uniovi.es](mailto:barrioraul@uniovi.es), <sup>c</sup>[parrondo@uniovi.es](mailto:parrondo@uniovi.es), <sup>d</sup>[navarroantonio@uniovi.es](mailto:navarroantonio@uniovi.es),  
<sup>e</sup>[eblanco@uniovi.es](mailto:eblanco@uniovi.es)

---

### **Abstract**

*The learning process has proved to be highly effective when the students solve real-world problems, because these cases stimulate and motivate the students to a greater extent. Starting from this premise, this paper presents an innovation project for the lectures of Fluid Mechanics taught in the Engineering Bachelor Degrees at the Universidad de Oviedo, in the specialties of Electrical, Electronics and Automatic, Mechanical and Chemical Engineering. It is intended to introduce the students to the fluid dynamics of biological flows, basically using CFD simulation tools. It will be centered on airflow in the lung airways, and it will comprise the development of new teaching material, encouraging student interest, developing the skills and competences, etc. At the end of the classes, the extent of the satisfaction, motivation and knowledge acquired by the students will be assessed with surveys and data collection on student interaction.*

**Keywords:** *e-learning, biological flows, fluid mechanics, undergraduate, CFD.*

---

### **Resumen**

*El proceso de enseñanza-aprendizaje ha demostrado ser altamente efectivo cuando los alumnos se enfrentan a problemas reales, puesto que éstos consiguen estimular y motivar en mayor medida al alumno. Partiendo de esta premisa, se presenta un proyecto de innovación para las clases de Mecánica de Fluidos impartidas en las titulaciones de Grado de Ingeniería Eléctrica,*

*Título de la ponencia*

*Electrónica Industrial y Automática, Mecánica y Química Industrial de la Universidad de Oviedo. Se busca hacer una introducción a la fluidodinámica de los flujos biológicos, utilizando básicamente herramientas de CFD. Estará centrado en el flujo del aire en las vías pulmonares, y se pretende crear nuevo material docente, fomentar el aprendizaje, desarrollar las habilidades y competencias necesarias, etc. Al término de las clases impartidas, se medirá el grado de satisfacción, motivación y conocimientos adquiridos por los alumnos mediante diferentes tests.*

**Palabras clave:** *e-learning, flujos biológicos, mecánica de fluidos, grado, CFD.*

## **1. Introducción**

Tradicionalmente en las universidades españolas el modelo de enseñanza se ha basado en las clases magistrales para grandes grupos. Estas condiciones tienen algunas herramientas docentes adecuadas (McKeachie, 2006), pero –en general– penalizan mucho la comunicación entre el estudiante y el profesor. Además, los programas de los cursos son largos y con mucho material disponible, lo cual hace que sólo algunos conceptos puedan ser retenidos durante las clases. Posteriormente los estudiantes memorizan el resto y finalmente, son capaces de resolver los problemas presentados por el profesor. El objetivo inmediato es que comprendan los conceptos y sepan cómo resolver problemas, pero el resultado final es que son habituales las lagunas conceptuales que les impiden resolver cuestiones formuladas de forma diferente a la habitual (Halloun, 1985). En este sentido, una posible mejora es trabajar con grupos más reducidos, dividiendo la clase en subgrupos o contando con profesores asistentes (Stanly, 2002), aunque no siempre es posible.

En este sentido, durante los últimos años la Universidad de Oviedo ha incentivado la innovación educativa para fomentar la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje en los títulos siguiendo las metodologías propuestas desde el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y apostando por la renovación del modelo educativo mediante la implantación de experiencias innovadoras en las prácticas docentes. Dentro de este marco se encuentra el presente Proyecto de Innovación Docente que se desarrolla en la asignatura de Mecánica de Fluidos (grupo bilingüe) de los grados de Ingeniería.

Se debe tener en cuenta que los alumnos que estudian cualquier carrera de ingeniería adquieren sus conocimientos con la premisa de que su formación tiene una profunda relación entre la teoría aprendida y la práctica. Por ello, se hacen esfuerzos para vincular la enseñanza con la realización de proyectos, la invención de ideas, el trabajo en equipo y la ética profesional. Es aquí donde se deben introducir, en la medida de lo posible, problemas reales puesto que los estudiantes se sienten más motivados en estos casos (Lombardi, 2007), favoreciendo la consecución exitosa del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Dentro de este marco, se ha propuesto un proyecto de innovación docente para la asignatura de Mecánica de Fluidos, para presentar a los alumnos las características físicas y de cálculo de los flujos biológicos. Estos flujos no se cubren en el temario habitual, pero tienen un gran atractivo, en parte debido al auge de la bioingeniería y las aplicaciones de la ingeniería a la medicina. El siguiente apartado describe el proyecto de innovación docente. A continuación, se comentan los objetivos que persigue, las competencias y los indicadores, junto con el método de evaluación planteado. Por último, se presentan algunas sugerencias acerca de la ampliación futura de este trabajo.

## **2. Descripción del proyecto**

El Proyecto de Innovación Docente se lleva a cabo en la asignatura de Mecánica de Fluidos perteneciente a las titulaciones de Grado de Ingeniería Eléctrica, Electrónica Industrial y Automática, Mecánica y Química Industrial de la Universidad de Oviedo. Además, debido a que se trata de una experiencia piloto, tan solo el grupo bilingüe llevará a cabo las nuevas actividades.

La finalidad de esta propuesta puede entenderse desde dos puntos de vista fundamentalmente. Por un lado, está la creación de nuevo material docente sobre simulación CFD basado en el estudio de un tema actual de bioingeniería, y por otro, se desea que esta actividad consiga fomentar el interés de los alumnos, a través de una aplicación práctica que constituye un problema real de ingeniería en el que aplicar la mecánica de fluidos. Adicionalmente, se potenciará el trabajo autónomo de los alumnos y el uso de las herramientas del Campus Virtual.

Considerando la importancia de la bioingeniería en la sociedad actual, resulta fundamental desarrollar nuevo material docente que permita presentar a los alumnos estas nuevas competencias. No se trata de dar un curso extenso de bioingeniería, finalidad de másteres especializados, sino de presentar aplicaciones de interés actual y con futuro de la mecánica de fluidos. En este campo, el estudio de flujos biológicos como el flujo del aire en los pulmones y la deposición de partículas inhaladas es de gran interés en la actualidad. Comprender el comportamiento de estas partículas a su paso por los bronquios, bronquiolos y alveolos y que parámetros influyen en el mecanismo de deposición es primordial para el desarrollo de nuevas terapias y medicamentos, aparte de los efectos que puede tener la respiración de partículas contaminantes.

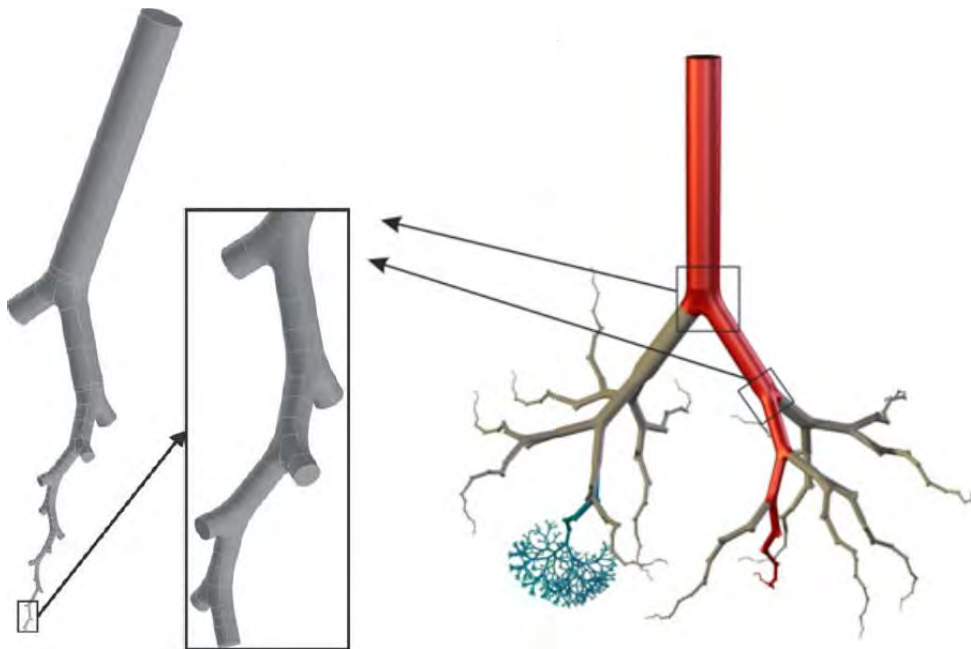
Habitualmente, gran parte de los alumnos de ingeniería perciben la Mecánica de Fluidos como una asignatura difícil y poco atractiva, lo cual genera desmotivación y falta de interés. Con este proyecto, se pretende cambiar esta percepción y mostrar la gran aplicabilidad de la mecánica de fluidos y del CFD (Dinámica Computacional de Fluidos), al mismo

*Título de la ponencia*

tiempo que se presenta a los alumnos una posible línea de trabajo (investigación) para su trabajo fin de grado.

En el desarrollo del proyecto, en primer lugar, se debe generar la documentación docente. Para ello, se llevará a cabo una extensa revisión bibliográfica, incluyendo los trabajos desarrollados en el departamento y entre ellos, una novedosa simplificación de la geometría pulmonar que permite reducir el volumen de cálculo (ver Figura 1).

**Figura 1. Geometría modelo pulmón simplificado (izqda.) y completo (drcha.).**



Así mismo, se introducirán detalles del mallado creado con el código comercial ANSYS-Gambit (ANSYS Gambit, 2006), por ejemplo la capa límite, necesarios para la correcta solución del cálculo. Finalmente, utilizando resultados de diferentes simulaciones CFD realizadas con el código comercial ANSYS Fluent (ANSYS Fluent, 2006) se podrán evaluar las diferentes características fluidodinámicas. En primer lugar, debido a la geometría tridimensional hay que determinar la dirección principal del flujo, que se puede observar mediante las líneas de corriente y los vectores de velocidad, evaluados en el plano central (Figura 3).



Figura 2. Detalle del mallado, incluyendo capa límite.

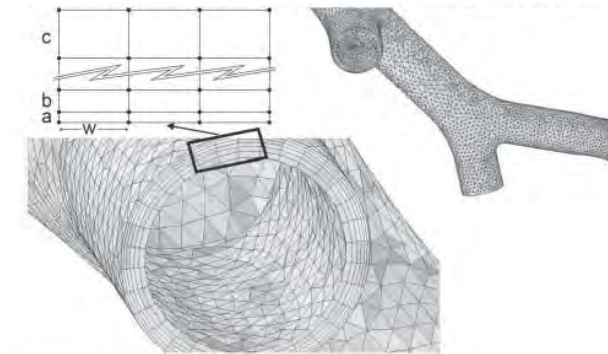
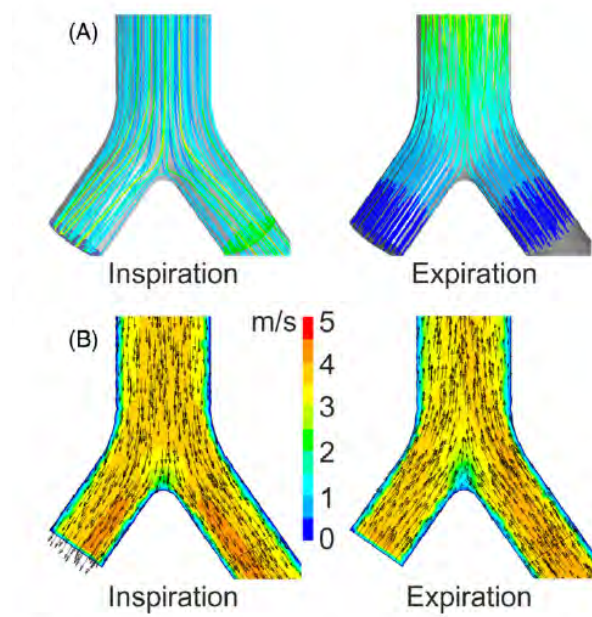


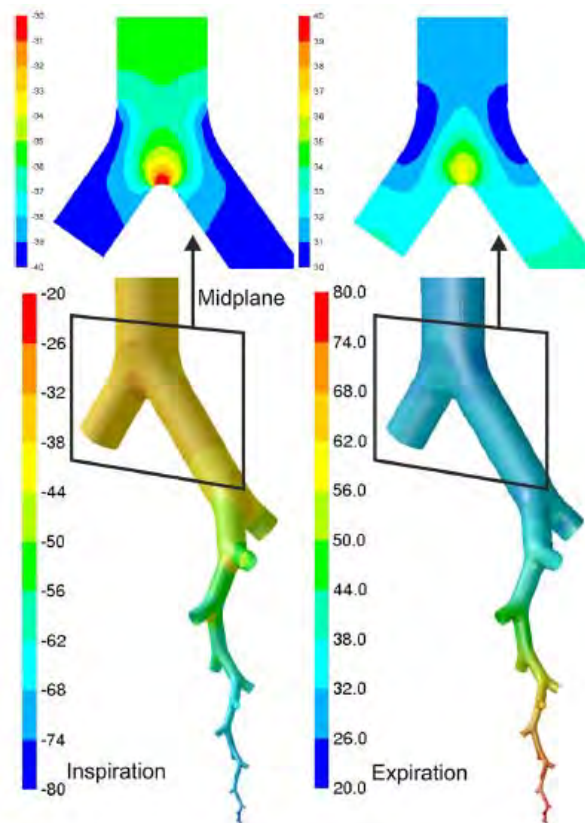
Figura 3. Líneas de corriente (arriba) y campo de velocidad (abajo) en el plano central de una bifurcación.



*Título de la ponencia*

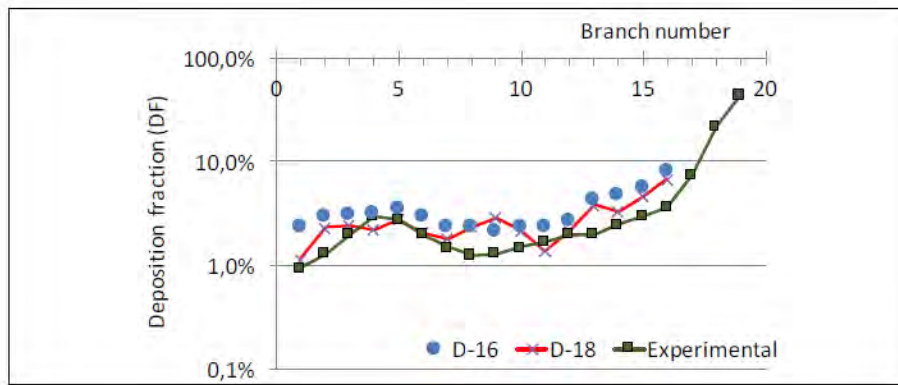
Además, es muy destacable el diferente comportamiento de los procesos de inspiración y espiración. Dichas diferencias se pueden mostrar a través de los contornos de presión estática (Figura 5).

**Figura 4. Contornos de presión estática (Pa) en plano central y sobre la superficie pulmonar durante la inspiración y la espiración.**



Finalmente, uno de los aspectos más interesantes y por los que se le dedicará gran tiempo de estudio a las simulaciones de las vías aéreas humanas es la deposición de partículas. Este aspecto es de gran utilidad a la hora de diseñar inhaladores y distintas terapias de tratamiento. En estas tareas, la simulación resulta fundamental debido a la gran complejidad y dificultad de las medidas experimentales (Figura 6).

Figura 5. Depósito de partículas.



El material docente creado será presentado en el campus virtual y además, los alumnos recibirán una clase presencial con parte del mismo, de este modo se pretende fomentar el autoaprendizaje. Se debe resaltar que los alumnos adquirirán tanto conocimientos sobre los procesos biológicos presentados como sobre el análisis de cálculos CFD. Por último, una vez terminada la tarea de revisión de la información por parte de los alumnos, éstos deberán realizar dos cuestionarios independientes. Por un lado, un primer test de conocimientos adquiridos y en segundo lugar, una encuesta de satisfacción sobre la actividad, de modo que se pueda medir el rendimiento logrado por el presente proyecto de innovación.

### 3. Objetivos y competencias

El primer objetivo del proyecto es la creación de nuevo material docente sobre el flujo de aire en las vías aéreas humanas a partir de simulaciones CFD. El material desarrollado se mostrará posteriormente a los alumnos de forma que puedan conocer los flujos biológicos pulmonares tanto desde el punto de vista fluidodinámico como morfológico y anatómico. Con ello, se les instruirá en la complejidad del fenómeno y la dificultad de visualización debido a la geometría tridimensional. Además, desde el punto de vista de las simulaciones fluidodinámicas, se busca que desarrollen las capacidad de análisis de resultados, incluyendo tanto la interpretación de datos 3D complejos (trayectorias, velocidades, deposición de partículas, etc.) como la revisión crítica de dichos resultados.

Las competencias que se espera que adquieran los alumnos con la presente propuesta son:

- Competencias genéricas:
- Análisis, síntesis y gestión de información. Manejo de ordenadores y programas CFD.

*Título de la ponencia*

- Trabajo y aprendizaje autónomos. Habilidades interpersonales en el trabajo en equipo.
- Capacidad (auto)crítica. Preocupación por la calidad. Capacidad para resolver problemas reales.
- Competencias específicas:
  - Cognitivas: Aumento del conocimiento
  - Instrumentales: Redacción e interpretación de documentación técnica. Desarrollo de habilidades y técnicas para la adquisición y análisis de información. Desarrollo de la capacidad para interpretar y analizar datos y resultados.
  - Actitudinales: Promover el desarrollo del análisis y espíritu crítico. Fomentar el diálogo, la tolerancia y el trabajo en equipo. Fomentar los valores éticos relacionados con la profesión. Inculcar la necesidad del aprendizaje permanente. Aprender a aprender.

#### 4. Indicadores y método de evaluación

La propuesta de indicadores para su evaluación se encuentra recogida en la Tabla 1, indicando los rangos de adecuación de cada tarea. Se pretende realizar un test que incluya dos partes. Por un lado, una evaluación de los conocimientos adquiridos (tanto sobre los flujos biológicos como sobre el análisis de resultados CFD) y una segunda parte que evalúe el grado de satisfacción de los alumnos con las nuevas actividades. Además, puesto que se pretende fomentar tanto el autoaprendizaje como el uso del campus virtual, se considerará también el número de visitas que se hagan al nuevo material docente colgado en la plataforma digital.

**Tabla 1. Indicadores de evaluación propuestos.**

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos
1	Aprovechamiento en el Aula. Porcentaje de alumnos que obtengan una calificación igual o superior a 5 puntos.	Nota de un test sobre los contenidos que serán expuestos en una sesión de teoría	Menor de 50%: bajo. Entre 50 y 70%: aceptable. Mayor de 70%: bueno
2	Valor del contador del número de entradas en el espacio del Campus virtual destinado a la visualización de los documentos.	Valor medio del número de entradas por alumno. Promediado con el valor medio de entradas en otras actividades.	Menor que 1: bajo. Igual o mayor que 1: bueno

Nº	Indicador	Modo de evaluación	Rangos
3	Grado de satisfacción del alumno. Porcentaje de alumnos que valoran las nuevas actividades con la calificación de 7 o superior	Calificación obtenida en un test sobre el grado de acuerdo o desacuerdo de los alumnos con la metodología docente	Menor de 40%: bajo. Entre 40 y 60%: aceptable. Mayor de 60%: bueno

En las Tablas 2 y 3, se muestran las propuestas preliminares para los dos test del proyecto. Como aliciente, está previsto que la correcta realización del test de contenidos otorgará una puntuación extra de 0.25 puntos a la nota del alumno.

**Tabla 2. Materias a cubrir en el test de contenidos.**

<b>Aprovechamiento en el aula. Desarrollado en preguntas tipo test con respuesta múltiple.</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fisiología respiratoria (elemental)</li> <li>2. Características del flujo en los pulmones</li> <li>3. Desarrollo de modelos numéricos: geometría, mallados, ecuaciones, parámetros de resolución, condiciones de contorno</li> <li>4. Cálculo de trayectorias y deposición de partículas</li> <li>5. Representación gráfica de los resultados</li> <li>6. Análisis cualitativos y cuantitativos</li> <li>7. Valoración crítica de los resultados. Indicios de error y validez</li> </ol>

**Tabla 3. Ejemplo de preguntas del test acerca del grado de satisfacción del alumno.**

<b>Grado de satisfacción del alumno</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ¿El nivel de dificultad es correcto?</li> <li>2. ¿Consideras excesivo el tiempo empleado en esta actividad?</li> <li>3. ¿Estás satisfecho con la puntuación extra?</li> <li>4. ¿Encuentras útil la formación extra recibida?</li> <li>5. El material presentado en la sesión presencial, ¿es adecuado?</li> <li>6. El material disponible en el Campus Virtual, ¿es adecuado?</li> <li>7. ¿Tu percepción sobre mecánica de fluidos ha cambiado? ¿Te interesa más?</li> <li>8. ¿Te gustaría extender esta actividad a una práctica de simulación?</li> <li>9. ¿Te gustaría profundizar en algún otro tema de bioingeniería?</li> <li>10. En general, ¿consideras la actividad positiva?</li> </ol>

## **5. Conclusiones y trabajos futuros**

Al finalizar el proyecto se espera disponer de nuevo material docente sobre flujos biológicos y que el alumno sepa identificar algunas características fundamentales del flujo en los pulmones y del proceso de deposición de partículas, así como interpretar de forma crítica los resultados proporcionados por programas de cálculo numérico.

Siempre y cuando los resultados obtenidos con el proyecto sean satisfactorios, la primera medida a adoptar sería extender la actividad a todos los alumnos de la asignatura. Así mismo, se contempla la posibilidad de realizar una práctica de cálculo numérico sobre el flujo de aire en las vías aéreas humanas y trabajar de forma práctica los conceptos teóricos.

## **Referencias**

ANSYS Fluent Version 6.3.26.©ANSYS Inc. 2006.

ANSYS Gambit Version 2.4.6.©ANSYS Inc. 2006.

Halloun I. A., Hestenes, D. (1985). "The initial knowledge state of college physics students". *Am. J. Phys.* 53, 1043-1056.

Lombardi, Marilyn M (2007). "Authentic learning for the 21st century: An overview". En: *Educause learning initiative 1*. 2007, 1-12.

McKeachie, W. J. (2006). "Teaching Large Classes (You Can Still Get Active Learning!)" Chapter 19 in *Teaching Tips*, 12th edition. Lexington, Mass: Heath, 2006.

Stanly, C., Porter, M. E. (2002). "Engaging Large Classes: Strategies and Techniques for College Faculty". Onker Publishing.