

# 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 ámbito 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 Área 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 metodológicas 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



## Definición de Tareas de Aprendizaje Basado en Proyecto Colaborativo para Ingeniería Mecatrónica

Miguel J. Prieto<sup>a</sup>, David Blanco<sup>b</sup>, Ignacio Álvarez<sup>c</sup>, Juan Díaz<sup>a</sup>, Gonzalo Valiño<sup>b</sup>,  
José Á. Sirgo<sup>c</sup>, Alberto García<sup>d</sup>, Alberto M. Pernía<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Universidad de Oviedo, Tecnología Electrónica (DIEECS), <sup>b</sup>Universidad de Oviedo, Ingeniería de  
Procesos de Fabricación (DCIF), <sup>c</sup>Universidad de Oviedo, Ingeniería de Sistemas y Automática  
(DIEECS), <sup>d</sup>Universidad de Oviedo, Ingeniería Mecánica (DCIF)

---

### **Abstract**

*Technical education is specially indicated to apply project-based learning. This type of learning is always well received by students, since it allows them to put into practice the knowledge acquired in the lectures. However, in order to achieve satisfactory results, it is necessary that there be constant coordination between all the teachers involved in the project, and that such a project has been defined as clearly as possible.*

*This paper presents a work designed to carry out project-based learning in groups formed by students of the Master in Mechatronic Engineering of the University of Oviedo, both in the Erasmus Mundus version (EU4M) and in its local version (MUIM). The tasks to be developed in each of the blocks of the Mechatronic Project are defined, establishing a relation between all the tasks that must be taken into account in order to obtain a satisfactory result. Finally, positive aspects of the defined work are identified, as well as some others that can be improved.*

**Keywords:** *Project Based Learning; Mechatronics Engineering; Team work; Coordination.*

---

### **Resumen**

*Las enseñanzas técnicas están especialmente indicadas para aplicar un aprendizaje basado en proyectos. Este tipo de aprendizaje tiene siempre una buena acogida entre los alumnos, dado que les permite llevar a la práctica los conocimientos adquiridos en las sesiones de clases expositivas. Sin embargo, para*

*conseguir resultados satisfactorios, es preciso que exista una coordinación constante entre todos los profesores implicados en el proyecto y que este haya sido definido lo más claramente posible.*

*En este artículo se presenta un trabajo pensado para llevar a cabo un aprendizaje basado en proyectos en grupos formados por alumnos del Máster en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Oviedo, tanto en la versión Erasmus Mundus (EU4M) como en su versión local (MUIM). Se definen las tareas a desarrollar en cada uno de los bloques del Proyecto Mecatrónico, estableciendo así una relación entre todas las tareas que deben ser tenidas en cuenta para obtener un resultado satisfactorio. Finalmente, se identifican los aspectos positivos del trabajo definido, así como algunos otros susceptibles de ser mejorados.*

**Palabras clave:** *Aprendizaje Basado en Proyectos; Ingeniería Mecatrónica; Trabajo en Grupo; Coordinación.*

## **Introducción**

El presente artículo describe un proyecto que se encuadra dentro de una asignatura de tercer semestre del Máster en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Oviedo. Entre las líneas generales de este máster se encuentra la de llevar a cabo una docencia eminentemente práctica orientada a proyectos (Universidad de Oviedo, 2016). Los pilares de esta titulación consisten en aunar las disciplinas Mecánica, Automática y Electrónica, y abordar el diseño de un proyecto desde una óptica conjunta de las tres materias. De esta forma, los alumnos –sin ser especialistas en cada materia– llegan a estar en condiciones de abordar diseños que impliquen conceptos tan dispares *a priori* como “Internet de las Cosas” (IoT) o plegado de chapa, por ejemplo.

Persiguiendo este objetivo, y basándose en una metodología de aprendizaje basada en proyectos (Warin, 2016), la asignatura “*Diseño de un proyecto Mecatrónico Industrial*” (6 ECTS) sirve de marco para la coordinación, organización y gestión del proyecto a desarrollar, que, en el caso expuesto en este artículo, consiste en un vehículo dotado con cámara inalámbrica y guiado por gestos, al igual que la posición de la cámara. Uno de los posibles cometidos de este vehículo sin cables sería la inspección de los bajos de un vehículo, de utilidad en tareas de desactivación de explosivos, inspección mecánica, etc.

La coordinación de todos los profesores implicados en tareas de Aprendizaje Basado en Proyecto es imprescindible para el éxito final de las mismas. Ya desde las primeras etapas, es preciso establecer reuniones en las que se definan claramente cuáles son los requisitos del proyecto a desarrollar y cómo se desglosan los mismos en tareas relacionadas con las áreas

de conocimiento de cada profesor. Este desglose en tareas debe ser lo más claro posible y abordable por parte de los alumnos del curso. Definiciones imprecisas, sin garantías de poderse llevar a cabo durante el curso o de un nivel superior al de los alumnos implicados en la actividad darán lugar a situaciones de frustración y abandono que solo pueden traducirse en el fracaso de la actividad que se plantea. En este artículo se definen todas las tareas asociadas al proyecto a desarrollar por los alumnos, así como las aportaciones a realizar en varios campos: diseño mecánico, comunicación y control, dispositivos lógicos programables, alimentación de los subsistemas, fabricación y montaje. Y todo ello sin olvidar la labor de gestión de todas las tareas a desarrollar dentro de cada grupo, que hace que los alumnos sean conscientes de la importancia de la colaboración y la organización esenciales para llevar a cabo con éxito un trabajo en grupo (Herrera, 2017).

### **Trabajos Relacionados**

La aplicación de la metodología presentada en este artículo pasa por el desarrollo de varias tareas relacionadas con los distintos campos de conocimiento implicados en el correcto funcionamiento del prototipo a desarrollar. Se detallan a continuación estas tareas.

#### METODOLOGÍA DE DISEÑO MECÁNICO Y FABRICACIÓN

Desde el punto de vista mecánico, las especificaciones planteadas a los estudiantes acerca del *robot para inspección de bajos de vehículos*, se centraron en:

- Diseñar y fabricar el robot con unas dimensiones máximas que permitieran maniobrar bajo un vehículo turismo.
- Diseñar el producto orientado a la fabricación en serie del mismo, por lo que en la medida de lo posible se deberían adoptar soluciones simples y utilizando componentes comerciales. Aquellos componentes que debieran ser fabricados, estarían diseñados con características propias de los procesos de fabricación en serie que fueran seleccionados, aplicando los conocimientos y herramientas de las asignaturas mecánicas del semestre.
- Fabricar los componentes necesarios y realizar el montaje de todos ellos, garantizando el correcto funcionamiento mecánico del robot.

Para poder abordar este trabajo, se pidió a los estudiantes que llevaran a cabo las siguientes tareas:

- Analizar los componentes esenciales necesarios para la operatividad del vehículo.
- Descomponer el producto en subconjuntos mecánicos.
- Dentro de cada subconjunto, clasificar los componentes en comerciales y fabricables.
- Realizar el diseño detallado de los subconjuntos y del conjunto total, integrando entre sí todos los componentes mecánicos y no mecánicos.
- Realizar la fabricación de componentes y el montaje de los mismos.

- Llevar a cabo pruebas de funcionamiento y de ajuste para garantizar un correcto funcionamiento mecánico..

Una vez realizadas las dos primeras tareas, los estudiantes se dividieron en tres subgrupos de dos estudiantes para el diseño y fabricación de los siguientes subconjuntos:

- Sistema de transmisión y dirección
- Estructura de soporte y movimiento del sistema de inspección
- Bastidor y carcasa del robot

#### OPERATIVIDAD GENERAL DEL VEHÍCULO E IMPLICACIONES MECÁNICAS

La operatividad del robot se basa en las posibilidades de desplazamiento exigidos al vehículo (adelante/detrás/izquierda/derecha) para poder posicionarse en la zona de inspección adecuada, así como en la capacidad de orientar adecuadamente el sistema de inspección en las direcciones de guiñada (*pan*) y cabeceo (*tilt*).

Por simplicidad constructiva y de control, el sistema de tracción-dirección se diseñó conjuntamente utilizando un sistema de dos ruedas motrices de control independiente, cada una accionada por un motor paso a paso, y una rueda loca ubicada en una posición estratégica que permite un correcto y ágil direccionamiento del vehículo. La transmisión del movimiento entre motor y rueda se ha hecho a través de una reductora de engranajes epicicloidales con relación 4:1, cuya salida es directamente el eje de la rueda.

Por su parte, el mecanismo de soporte para el sistema de inspección por visión es de tipo *pan&tilt*, con servomotores de accionamiento directo sobre las partes móviles.

Asimismo, se ha utilizado un bastidor-carcasa portadora de todos los elementos del robot, tanto las ruedas de tracción y loca, el *pan&tilt*, así como el resto de componentes necesarios (batería, placas, conectores y cableado).

#### FABRICACIÓN Y MONTAJE

A lo largo de todo el proyecto se trató de que las diferentes partes del prototipo pudieran fabricarse con coste reducido, pero haciendo ver en todo momento a los alumnos cuáles serían los procesos de fabricación que habría que seguir en un proceso de fabricación en serie. Para la reductora epicicloidal se utilizaron componentes comerciales como los pasadores, casquillos de fricción y rodamientos. El eje de salida y el casquillo de apoyo en el rodamiento han sido fabricados tal y como se haría en el proceso de fabricación en serie: con acero F1125 por torneado. Otros elementos se obtuvieron con fabricación aditiva de ABS: la carcasa (que industrialmente se haría mediante inyección a presión de una aleación de aluminio y mandrinado de los asientos para los rodamientos), los engranajes del planetario (en serie serían mecanizados en bronce) y la reductora, cuyo reducido tamaño dificulta el uso de engranajes comerciales.



La estructura *pan&tilt* fue diseñada y construida en chapa de aluminio de 2 mm de espesor, mediante procesos de corte por láser y plegado. En la fabricación en serie de los componentes se prevé realizar el corte y conformado mediante útiles de estampación en prensas. La unión al bastidor se lleva a cabo mediante tornillos. La unión de los motores con los elementos movidos se realiza mediante acoplamientos elásticos que absorben posibles desalineaciones. Todos los ejes de giro están torneados en acero F1125 y se montan sobre casquillos de fricción que garantizan un buen ajuste y minimizan la aparición de holguras por desgaste.

El bastidor-carcasa se compone de tres partes que han sido fabricadas en chapa de aluminio de 1,5 mm mediante procesos de corte por láser y plegado. Se prevé realizar la fabricación en serie mediante procesos de punzonado y plegado por control numérico. La tapa de la rueda loca ha sido unida al cuerpo general mediante remaches, ya que no se prevé su desmontaje. Por su parte, la carcasa superior que cubre los dispositivos electrónicos debe poder ser desmontada con cierta frecuencia, por lo que la unión se realiza mediante tornillos.

El montaje del resto de subconjuntos se ha realizado mediante uniones atornilladas que permiten el desmontaje de los componentes que pueden requerir mantenimiento (transmisiones, rueda loca, placas electrónicas), a excepción de la batería, que se sujeta en la carcasa mediante velcro adherido a la misma.

#### SISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL: PROGRAMACIÓN

El objetivo docente del proyecto es conseguir que los alumnos se familiaricen con tecnologías de programación y control más allá del control directo con microcontrolador (Bolton, 2011): uso de computadores con Sistema Operativo, programación orientada a objetos, programación de interfaces gráficas, comunicaciones serie y en red, interacción con periféricos de control inteligentes.

Se eligen para ello los siguientes componentes y tecnologías:

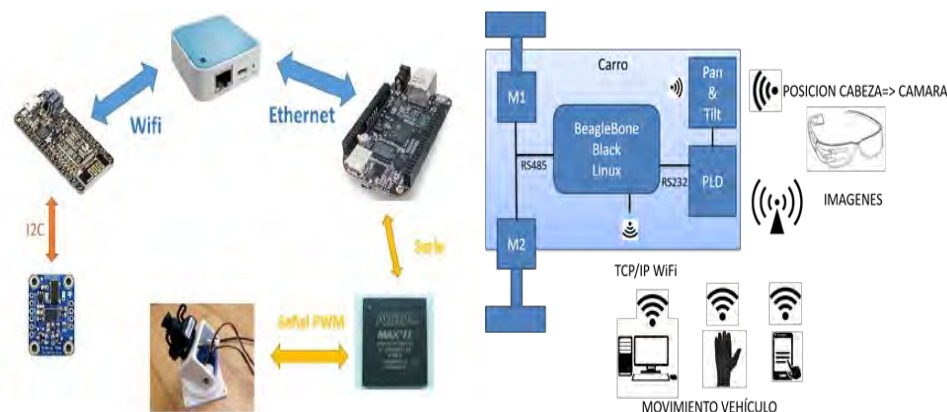
- Entorno de programación Qt Creator, que permite realizar proyectos multi-plataforma en lenguaje C++.
- Desarrollo del núcleo de control sobre Sistema Operativo Linux en hardware BeagleBone Black (BBB).
- Comunicación con interfaz de operador utilizando Qt-GUI para PC bajo S.O. Windows (PC-Win) y/o Android (Phone-And).
- Motores paso a paso para el desplazamiento con controladora programable por enlace serie Trinamic TMCL.
- Desarrollos basados en Arduino para detección de los movimientos de mano que permiten gestionar los desplazamientos del carro, y movimientos de cabeza que permiten gestionar el *pan&tilt* de la cámara.

El esquema general del desarrollo es el mostrado en la Fig. 1, desde el punto de vista de las comunicaciones. El movimiento del vehículo se puede realizar desde un ordenador personal (Windows®), un Smartphone o Tablet (Android®) o indicando los movimientos con una

unidad inercial (IMU) localizada en un guante, de forma gestual. De manera análoga, se controla la unidad *pan&tilt* con los gestos de la cabeza, para crear la sensación de “ver desde el vehículo” (Collotta, 2015; MIT, 2016).

Las imágenes de la cámara se transmiten vía radiofrecuencia. Todas las comunicaciones WiFi se gestionan desde un router instalado en el vehículo, tal y como se observa en la parte izquierda de la Fig. 1.

Fig. 1 Diagrama de comunicaciones del equipo.



#### APLICACIÓN DE DISPOSITIVOS LÓGICOS PROGRAMABLES

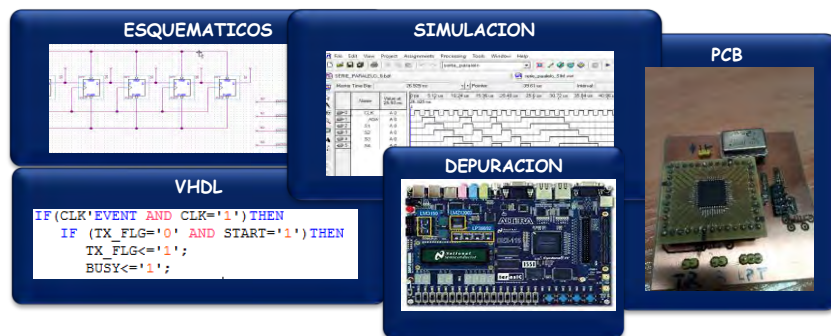
Como objetivo académico, se plantea que el alumno conozca y sea capaz de implementar circuitos sencillos utilizando dispositivos lógicos programables, en concreto, de la casa ALTERA® y utilizando el software de diseño Quartus II Web Edition. El objetivo comprende la enseñanza del lenguaje VHDL a nivel básico. Según se ha comentado anteriormente, uno de los objetivos del proyecto es ampliar las opciones de diseño digital más allá de los microcontroladores, y presentar alternativas de diseño distintas. En este sentido, el objetivo es conseguir que los alumnos se familiaricen con el ciclo mostrado en la Fig. 2: entrada de diseño (esquemático o VHDL), simulación, depuración y prototipo (Debiec, 2011).

El circuito que deben implementar los alumnos es un generador PWM (*Pulse Width Modulated*) controlado desde un puerto serie, de forma que el *duty* de la onda sea suministrado vía serie. El objetivo no es implementar un procesador en el dispositivo programable (PLD, CPLD o FPGA), ni un diseño excesivamente complejo. Se pretende que el alumno se familiarice y adquiera nuevas destrezas, tales como:

- Diseño jerárquico. El software de diseño de ALTERA® permite el diseño modular o por bloques, desde el nivel más bajo al más complejo. De esta forma, un diseño se puede dividir en diferentes módulos que pueden ser realizados por diferentes equipos de alumnos y realizar el diseño final a partir de los mismos. Esta metodología fomenta que los alumnos trabajen en equipo.

- Entrada del diseño con esquemáticos. Se refuerza la idea del diseño digital, repasando metodologías de diseño *hardware*.
- Entrada de diseño VHDL (lenguajes de descripción de hardware). Se presenta a los alumnos la posibilidad de describir el *hardware* mediante un lenguaje de programación. El tiempo de aprendizaje del lenguaje VHDL –a nivel básico- es reducido y en dos sesiones los alumnos se encuentran en disposición de realizar programas sencillos.
- Ciclo de trabajo con PLDs. Se pretende que los alumnos se acostumbren a realizar las etapas precisas que conducen a la obtención de un prototipo: Diseño, Simulación, Depuración y Prototipo, así como a documentar las distintas fases. En la Fig. 2 puede verse este proceso esquematizado.

Fig. 2 Secuencia de diseño aplicada al diseño con dispositivos lógicos programables.



#### ALIMENTACIÓN DE LOS DIFERENTES SUBSISTEMAS

Para la selección de la batería óptima es preciso evaluar los consumos de corriente de las diferentes partes del vehículo, así como observar los niveles de alimentación. Con las restricciones impuestas en el diseño, se hace preciso obtener diferentes tensiones de alimentación. En este caso, el objetivo es que los alumnos diseñen un sistema de alimentación lo más pequeño posible y, por supuesto, lo más eficiente posible. Se les ha impuesto que tomen como partida una batería de 24V y que generen todas las demás tensiones a partir de la misma. De esta manera, deben seleccionar las etapas más adecuadas (peso/tamaño/eficiencia) para obtener las tensiones de alimentación de 12V, 5V y opcionalmente, 3,3 V, cada una de ellas con diferentes consumos.

Finalmente, tomando en consideración las restricciones anteriores, la solución adoptada incluye la utilización de convertidores de tarjeta (24V/15V), junto con los típicos reguladores de la familia 78XX. La batería elegida es la que se muestra en la Fig. 3, cuyas características son las siguientes:

**Fig. 3 Batería seleccionada**

- Capacidad mínima: 6600mAh
- Configuración: 6S1P / 22.2V / 6Cell
- Descarga constante: 10C
- Descarga máxima (10 seg): 20C
- Peso del paquete: 794g
- Tamaño del paquete: 143 x 50 x 53mm



Por otro lado, el problema es mucho más simple en lo que se refiere a las alimentaciones de los equipos que maneja el operador: el guante, que servirá para manejar el vehículo y las gafas de visionado de la cámara del vehículo, junto con los sensores y emisores de posición de la cabeza, con los cuales se maneja el *pan&tilt* de la cámara. En este caso, la elección se fundamenta en el tamaño y peso, dado que los consumos no son elevados.

## **Metodología**

Si bien todos los detalles técnicos referidos en el apartado anterior llegan a ser fácilmente asimilados por los alumnos, no ocurre lo mismo con las competencias que se pretenden trabajar en la asignatura objeto del presente artículo. Así, de los resultados de aprendizaje definidos para dicha asignatura:

- Aplicar los conocimientos adquiridos en los tres primeros semestres del Máster para diseñar, fabricar y ensamblar un sistema mecatrónico industrializable.
- Ser capaz de trabajar en grupo de manera eficiente y coordinada, informando de manera adecuada y periódica a los superiores.
- Documentar correctamente la parte técnico-económica del proyecto realizado.
- Presentar y defender oralmente el proyecto realizado

los que más dificultad les plantean a los alumnos son el segundo y el tercero. En esta asignatura se considera que la mejor manera de abordar la adquisición de las competencias asociadas a estos resultados de aprendizaje es a través de la documentación generada.

Todo el proceso comienza con una planificación temporal y una definición de un reparto de tareas entre los miembros de cada grupo. Las propuestas recibidas son analizadas y, en su caso, corregidas por los profesores encargados de la asignatura, con el objetivo de tener un documento de partida razonable y equilibrado cuyo cumplimiento se irá comprobando a lo largo de todo el semestre. Sin embargo, y aun siendo esta tarea muy importante para conseguir una correcta coordinación, organización y gestión del proyecto a desarrollar, no se considera que sea la más trascendental a la hora de valorar las competencias adquiridas. Como

ya se ha indicado, se pretende hacer incidencia en la importancia de la documentación generada de cara al desarrollo de un proyecto, dado que en un caso real los equipos de diseño, fabricación y montaje serían distintos. Por ello, la metodología seguida pasa por hacer que los distintos grupos de alumnos vayan pasando por todas las fases de trabajo implicadas en el desarrollo del prototipo: diseño, fabricación y montaje.

El proceso comienza con cada grupo llevando a cabo su propio diseño según las especificaciones técnicas establecidas, tras lo cual preparará la documentación correspondiente.

Una vez analizado el diseño y la documentación por los profesores de la asignatura, se pasa a la siguiente fase: la fabricación de las piezas. En este momento se produce la primera rotación, de modo que ningún grupo sea encargado de fabricar las piezas que ellos mismos han diseñado. Esta tarea no es posible si la documentación previa no es completa y suficientemente detallada, y es en este momento cuando algunos alumnos son directamente conscientes de la importancia de disponer de un informe completo de la fase anterior. Al igual que ocurriría en el caso anterior, esta fase termina cuando las piezas han sido fabricadas y se entrega una documentación a los profesores de la asignatura, que se encargan de darle el visto bueno y/o hacer los comentarios oportunos. La labor de evaluación en este punto no es sencilla, ya que es preciso discernir qué carencias se deben a defectos en la documentación de partida y cuáles son consecuencia del trabajo desarrollado por el grupo.

La rotación se completa en la fase de montaje, cuando cada grupo se encarga de ensamblar un prototipo que no ha sido diseñado por ellos y cuyas piezas tampoco han fabricado. Aquí se repite la situación anterior en lo que se refiere a la percepción de la importancia de la documentación previa, lo cual, de manera más o menos directa, trae consigo una necesidad de una coordinación y un trabajo en grupo eficientemente gestionados.

Esta filosofía de rotación, se aplica en cada parte del proyecto que sea susceptible de ello. Podemos encontrar otro ejemplo en la parte de software, en la que se divide a los alumnos hasta en nueve subgrupos, de forma que cada uno de ellos tenga a cargo una parte de la aplicación completa. De nuevo esta división obliga a la generación de una documentación adecuada y completa en la fase de diseño sobre la interacción entre los diferentes componentes. El uso del entorno Qt/C++ facilita esta tarea, ya que cada subgrupo diseña una o varias clases que interactúan con el resto a través de señales/slots, con lo que sólo es necesaria la especificación inicial de esta interacción para comenzar el trabajo.

La evaluación final de los resultados de aprendizaje esperados se lleva a cabo mediante una exposición final en la que cada grupo describe su experiencia en las distintas fases en las que ha intervenido, comentando las bondades y carencias de la documentación recibida a la hora de desarrollar sus tareas. Dado que esta exposición se hace delante de toda la clase, sirve también de realimentación para los autores de dicha documentación, que estarán escuchando, y que adquieren así consciencia de cómo mejorar su documentación en el futuro de cara a la consecución de un resultado final óptimo.

## **Resultados**

Los resultados de aprendizaje se pueden considerar satisfactorios: el proyecto se finalizó con resultados aceptables; téngase en cuenta que el éxito del proyecto era una condición necesaria.

En cuanto al diseño mecánico, teniendo en cuenta los objetivos planteados inicialmente, el trabajo desarrollado por los estudiantes ha dado como resultado la construcción del prototipo de robot plenamente funcional. Las pruebas han demostrado que funciona conforme a las especificaciones planteadas, para lo cual han aplicado en un porcentaje alto las recomendaciones técnicas abordadas en las asignaturas base del máster. A pesar de ello, cabría destacar como aspectos a perfeccionar, la necesidad de una mejor coordinación del trabajo entre subgrupos que redundase, por ejemplo, en la unificación de componentes comerciales (casquillos de fricción y rodamientos de mismas medidas y marca, gama de tornillería unificada al máximo) y de los espesores de chapa.

En el diseño electrónico se han localizado ciertos puntos débiles desde el punto de vista técnico que aconsejan incidir en próximas ediciones de la asignatura en el diseño del sistema de alimentación, y que el sistema requiere más atención de la prestada. El tiempo dedicado a esta parte debe incrementarse y se propone la elaboración de seminarios específicos sobre esta materia, presentando soluciones comerciales a coste razonable.

Con el fin de evaluar los resultados obtenidos a nivel global, se llevó a cabo una encuesta entre los alumnos que permite identificar cuáles son los puntos fuertes y los aspectos a mejorar de esta propuesta. El formato de la encuesta y el resultado final obtenido se recoge en el Anexo I de este artículo.

Como puntos fuertes de carácter general, podemos citar los siguientes:

- Los alumnos consideran que la asignatura está adecuadamente dotada en cuanto a medios materiales se refiere: el equipamiento y los materiales se ajustan a las necesidades del proyecto (4,1 sobre 5).
- Las respuestas de la encuesta indican que el proyecto desarrollado tiene un enfoque claramente mecatrónico, adaptado a las expectativas del Máster en Ingeniería Mecatrónica (4,1 sobre 5).
- El proyecto les ha exigido el aprendizaje de nuevas materias. De este modo el objetivo conseguido es doble, ya que se consigue interés por parte del alumnado en nuevos temas y, además, el alumno es capaz de afrontar nuevos retos y aprendizajes.
- Los resultados perseguidos desde el punto de vista técnico se han alcanzado de forma muy satisfactoria, ya que los alumnos consiguieron desarrollar un prototipo operativo según las especificaciones planteadas desde el inicio (majopri69, 2018).

Como puntos débiles de carácter general, se pueden citar los siguientes:

- El profesorado ha detectado como aspecto a mejorar la necesidad de aumentar el esfuerzo dedicado a la documentación técnica del proyecto, tanto en lo referente a

la estructuración e integración de las partes mecánica, electrónica y control, como en lo relativo a planos y esquemas eléctricos. Se deberá abundar más en la importancia de elaborar una documentación apropiada, sobre todo cuando se lleva a cabo una labor en grupo.

- Aunque, tal y como se ha indicado más arriba, los resultados conseguidos desde el punto de vista técnico se han alcanzado de forma muy satisfactoria, a la vista de los resultados de las encuestas cabe decir que se puede mejorar el objetivo de trabajo en grupo, así como la coordinación interna y por parte del profesorado. En cualquier caso, las calificaciones obtenidas en estos apartados están por encima de 3,4 puntos sobre 5, lo cual no puede considerarse como un fracaso.

La Fig. 4 muestra una foto del prototipo final desarrollado.

### Conclusiones

El artículo presenta una actividad de Aprendizaje Basado en Proyecto a realizar por los alumnos del Máster en Ingeniería Mecatrónica de la Universidad de Oviedo. Esta actividad se ha desglosado en tareas relacionadas con las áreas de conocimiento de cada profesor, descritas con un grado de detalle adecuado para poder ser desempeñadas adecuadamente por los alumnos a lo largo del semestre.

Adicionalmente, se definieron grupos de trabajo que permitieron que los alumnos profundizaran en la competencia de trabajo colaborativo. Los grupos llevaron a cabo su propia organización, lo que incluía un reparto adecuado del trabajo a desarrollar y una gestión de compras de los materiales necesarios para el desarrollo del prototipo.

El tiempo empleado en definir adecuadamente las tareas al inicio del proyecto, se tradujo en unos resultados satisfactorios tanto en lo que se refiere a objetivos técnicos (el prototipo desarrollado funcionó según se había especificado) como a la percepción positiva de los conocimientos adquiridos por parte del alumnado.

Existen, no obstante, algunos aspectos que aún son susceptibles de ser mejorados, sobre todo en lo relacionado con tareas de coordinación y de trabajo en equipo, competencias que tradicionalmente son de las más complicadas de trabajar.

Fig. 4 Aspecto final del prototipo construido.



### Anexo I: Encuesta planteada y resultados obtenidos

	1	2	3	4	5	TOTAL
En el proyecto, se utiliza tecnología actual						3,6
El proyecto me ha exigido adquirir conocimientos nuevos						4,3
He dispuesto de los medios precisos para la realización del proyecto						4,1
La coordinación y ayuda de los profesores ha sido adecuada						3,4
Hemos conseguido coordinarnos internamente de forma satisfactoria						3,7
Considero el enfoque de las asignatura adecuado al Master de Mecatrónica						4,1
Globalmente, estoy satisfecho con los conocimientos y experiencia adquiridos en esta asignatura						3,6

1 MUY EN DESACUERDO - 5 MUY DE ACUERDO

### Referencias

- Bolton W. (2011). *Mechatronics. Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*. Pearson Editorial. ISBN: 978-0-273-74286-9.
- Collotta M., Pau G. (2015). *Bluetooth for Internet of Things: A fuzzy approach to improve power management in smart homes*. Elsevier - Computers & Electrical Engineering, vol. 44, pp 137-152.
- Debiec P., Byczuk M. (2011). *Teaching Discrete and Programmable Logic Design techniques Using a Single Laboratory Board*. IEEE Transactions on Education, vol. 54, nº 4, pp.652-656.
- Herrera R. F., Muñoz F. C., Salazar L. A. (2017). *Diagnóstico del Trabajo en Equipo en Estudiantes de Ingeniería en Chile*. Formación Universitaria, vol. 10, nº 5, pp. 49-58.  
[Online] <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062017000500006> (25/02/2018).
- majopri69 (2018). *Máster en Mecatrónica – UniOvi1718*.  
[Online]. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLJl7gVxSEoud7F6y8-PWahpbD3pndHz7G> (25/02/2018).
- MIT (2016). *Controlling Internet of Things Devices with MIT App Inventor*.  
[Online]. <http://ai2.appinventor.mit.edu/reference/other/IoT.html> (25/02/2018).
- Universidad de Oviedo (2016). *Memoria del Máster Universitario en Ingeniería Mecatrónica*.  
[Online]. [http://calidad.uniovi.es/c/document\\_library/get\\_file?p\\_1\\_id=1708552&folderId=2815355&name=DLFE-97867.pdf](http://calidad.uniovi.es/c/document_library/get_file?p_1_id=1708552&folderId=2815355&name=DLFE-97867.pdf). (25/02/2018).
- Warin B., Talbi O., Kolski C., Hoogstoel F. (2016). *Multi-Role Project (MRP): A New Project-Based Learning Method for STEM*. IEEE Transactions on Education, vol. 59, nº 2, pp. 137-146.