



Memoria final

Proyectos de Innovación Docente 2021-2022

1. Identificación del proyecto

Título:	OpenCourseWare: Multi-robot systems
Programa:	PRAUZ (Programa de Recursos en Abierto en la UZ)
Línea:	Cursos OCW
Centro:	Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Estudio:	Robótica, Gráficos y Visión por Computador/Robotics, Graphics and Computer Vision

2. Coordinadores del proyecto

Coordinador	María del Rosario Aragüés Muñoz
Correo electrónico	raragues@unizar.es
Departamento	Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas
Centro	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura

3. Resumen del proyecto

El objetivo de este proyecto es contribuir con un nuevo curso a la biblioteca de Cursos abiertos de la Universidad de Zaragoza. Se trata de la asignatura Multi-

robot systems del Master Program in Robotics, Graphics and Computer Vision. Se trata de una asignatura de 3 créditos ECTS, que aborda una temática novedosa, contemplando conceptos avanzados de robótica. Está diseñada para estudiantes que hayan cursado grados de ingeniería con alta presencia de informática y TIC, y que quieran complementar sus conocimientos de robótica. La metodología y enfoque es muy práctico: se promueve la adquisición de hands-on experience, y se fomentan competencias relacionadas con aprender a aprender. Además, dado que esta asignatura se imparte en inglés, el curso tiene el potencial de llegar a una amplia audiencia.

4. Participantes en el proyecto

Enrique Teruel Doñate	eteruel@unizar.es	Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Gonzalo López Nicolás	gonlopez@unizar.es	Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas	Instituto Universitario de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Escuela de Ingeniería y Arquitectura

5. Rellene, de forma esquemática, los siguientes campos a modo de ficha-resumen del proyecto

Otras fuentes de financiación sin detallar cuantía

(ninguna)

Tipo de proyecto (Experiencia, Estudio o Desarrollo)

Desarrollo

Contexto de aplicación/Público objetivo (titulación, curso...)

En este proyecto, se ha contribuido con un nuevo curso a la biblioteca de Cursos abiertos de la Universidad de Zaragoza. Se trata de la asignatura Multi-Robot Systems del Master Program in Robotics, Graphics and Computer Vision. Se trata de una asignatura de 3 créditos ECTS, que aborda una temática novedosa, contemplando conceptos avanzados de robótica. Está diseñada para estudiantes que hayan cursado grados de ingeniería con alta presencia de informática y TIC, y que quieran complementar sus conocimientos de robótica. La metodología y enfoque es muy práctico: se promueve la adquisición de hands-on experience, y se fomentan competencias relacionadas con aprender a aprender. Además, dado que esta asignatura se imparte en inglés, el curso tiene el potencial de llegar a una amplia audiencia.

Curso académico en que se empezó a aplicar este proyecto

El curso de Multi-Robot Systems se impartió por primera vez el curso académico 2020/2021.

Interés y oportunidad para la institución/titulación

Ofrecer este curso "Multi-Robot Systems" en modalidad OpenCourseWare contribuye a enriquecer la biblioteca de Cursos abiertos de la Universidad de Zaragoza. Al tratarse de un curso en inglés, tiene el potencial de alcanzar a una amplia audiencia. Además, está asociado a estudiantes de nivel de Máster. Se trata de estudiantes maduros, con buenas capacidades de auto-aprendizaje, y con interés en asignaturas muy especializadas. En ese sentido, esta asignatura es idónea, tanto por su temática, como por su enfoque práctico.

Métodos/Técnicas/Actividades utilizadas

Aprendizaje basado en ejemplos, problemas/casos, y trabajo propio.

Tecnologías utilizadas

Moodle/Add, Google Apps for Education, Google Colab, Python, C++, ROS, Gazebo

Tipo de innovación introducida: qué soluciones nuevas o creativas desarrolla

Se ofrece un nuevo curso para enriquecer la biblioteca de Cursos abiertos de la Universidad de Zaragoza. Se trata de un curso de nueva creación reciente (impartido por primera vez el 2020-2021), que incorpora avances tecnológicos recientes y aplica metodologías docentes innovadoras.

Impacto del proyecto

Generación de contenidos en abierto.

Impacto directo sobre los alumnos que sigan el curso en abierto.

Impacto sobre el profesorado que desee aprovechar la experiencia, general o específica.

Características que lo hacen sostenible

El principal coste ha sido el trabajo de desarrollo inicial, tanto del curso Multi-Robot Systems, como de su versión en abierto. Ambos esfuerzos ya se han realizado. Se prevé un coste adicional razonable relacionado con la respuesta a las dudas o consultas del estudiantado / profesorado que pueda ponerse en contacto de forma puntual con los organizadores del curso OCW.

Posible aplicación a otras áreas de conocimiento

* Aplicación inmediata del conocimiento (abierto) y/o materiales para otros docentes de los mismos contenidos específicos (robótica, sistemas multi-robot), presentes en áreas diversas de ingeniería en diferentes universidades a lo largo del mundo.

* Aplicación de aspectos metodológicos más generales para docentes de áreas relacionadas con la ingeniería, donde tienen interés (aprendizaje basado en problemas/casos, aprender a aprender, aprender haciendo, “hands-on experience”).

6. Contexto del proyecto

Necesidad a la que responde el proyecto, mejoras obtenidas respecto al estado del arte, conocimiento que se genera.

*** Asignatura**

Multi-Robot Systems del Máster “Robotics, Graphics and Computer Vision”, Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) de la Universidad de Zaragoza.

Curso OCW Moodle: <https://moodle.unizar.es/add/course/view.php?id=53239>

*** Situación de partida:**

Dentro del catálogo de cursos en abierto OCW de la Universidad de Zaragoza (<https://ocw.unizar.es/ocw/course/index.php?categoryid=8>), nos encontramos con nueve cursos de la rama de Ingeniería y Arquitectura. Sólo uno de estos cursos está relacionado con la Robótica y la Inteligencia Artificial (“Visión por computador, Primavera 2008”).

*** Mejoras respecto al estado del arte y conocimiento que se genera:**

El curso de reciente creación Multi-Robot Systems, del Máster “Robotics, Graphics and Computer Vision”, Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) de la Universidad de Zaragoza, se impartió por primera vez en el curso 2020/2021. Se

trata de una asignatura de 3 créditos ECTS, que aborda una temática novedosa, contemplando conceptos avanzados de robótica. Está diseñada para estudiantes que hayan cursado grados de ingeniería con alta presencia de informática y TIC, y que quieran complementar sus conocimientos de robótica.

Los profesores involucrados en el curso (R. Aragüés, G. López-Nicolás, E. Teruel) tenemos una amplia experiencia en la investigación en temáticas de sistemas multi-robot (véase a modo de ejemplo nuestras últimas publicaciones <http://webdiis.unizar.es/~raragues/wp/>; <http://webdiis.unizar.es/~glopez/>; <https://sites.google.com/a/unizar.es/enrique-teruel/research>, así como la participación en proyectos recientes de investigación europeos <http://commandia.unizar.es/es/lo-basico-de-commandia/> y nacionales http://robots.unizar.es/projects/?project_id=50). Este tipo de experiencia es ideal para cursos especializados de enseñanzas de máster. Además, a la hora de diseñar el curso, hemos tenido en cuenta asimismo los conceptos impartidos en otras universidades internacionales de relevancia en el ámbito de sistemas multi-robot, por ejemplo:

“Control of Autonomous Multi-Agent Systems II”, Dr. Antonio Franchi and Prof. Giuseppe Oriolo. Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, Sapienza Università di Roma. http://www.diag.uniroma1.it/oriolo/cams_part2/

“Mobile Robot Systems”, Dr. Amanda Prorok. University of Cambridge, Dep. Of Computer Science and Technology. <https://www.cl.cam.ac.uk/teaching/1819/MobRobot/>

Hemos generado para dicho curso nuevas transparencias, ejercicios, casos y prácticas. Hemos seguido metodologías novedosas con enfoque muy práctico: se promueve la adquisición de hands-on experience, y se fomentan competencias relacionadas con aprender a aprender y aprender haciendo.

Además, para llevar a cabo los ejercicios y las prácticas de laboratorio, hemos seleccionado herramientas que están disponibles de forma gratuita para los estudiantes, de forma que puedan ser utilizados / instalados en los ordenadores de los estudiantes sin la necesidad de disponer de licencias específicas o acceso a laboratorios especializados. Se prepara material adicional para permitir que estudiantes más avanzados puedan usar herramientas de simulación ampliamente conocidas en el campo de la robótica (ROS & Gazebo).

Todo el material desarrollado se comparte con acceso abierto.

Todo el material está desarrollado en inglés, teniendo por tanto una mayor visibilidad y público objetivo.

7. Objetivos iniciales del proyecto

Qué se pretendía obtener cuando se solicitó el proyecto.

El objetivo principal de este proyecto era contribuir con el nuevo curso mencionado a la biblioteca de Cursos abiertos de la Universidad de Zaragoza. Para ello, nos planteábamos los siguientes objetivos:

- Innovar en la forma en que se ofrecen los contenidos de la asignatura y en las herramientas y tecnologías empleadas.
- Facilitar el trabajo autónomo de los estudiantes, y en particular la realización de la asignatura de forma autónoma, poniendo en práctica estrategias de auto-aprendizaje y de aprender haciendo, que motiven a los estudiantes, que despierten su interés.
- Habilitar los contenidos en abierto: facilitar los materiales, ejercicios, ejemplos e ideas para que puedan ser accesibles y reaprovechados por otros profesores / centros / instituciones, contribuyendo así a la generación de conocimiento abierto.
- Facilitar la auto-evaluación del trabajo por parte de los estudiantes, de forma que puedan saber si están alcanzando de forma adecuada los objetivos de aprendizaje.

Para lograr estos objetivos, se requiere:

- Desarrollar y facilitar todos los materiales (transparencias, ejercicios, prácticas, etc.) on-line, mediante un uso combinado del ADD/ moodle y GoogleApps.
- Seleccionar material bibliográfico o de referencia que pueda ser fácilmente consultado por los estudiantes, para lo que se han priorizado títulos disponibles en versión electrónica o en abierto.
- Posibilitar el uso de herramientas por parte de los alumnos en sus equipos particulares, herramientas de código abierto y/o gratuitas (Python, Google Colab, Visual Studio Code, C++, ROS, Gazebo), frente a herramientas propietarias.
- Para hacer posible la auto-evaluación del trabajo por parte de los estudiantes, se diseñan los casos y problemas a resolver de forma que existan abundantes ejemplos (por ejemplo, en forma de videos en youtube o en páginas similares) que ilustren los comportamientos esperables.

8. Métodos de estudio/experimentación y trabajo de campo

Métodos/técnicas utilizadas, características de la muestra, actividades realizadas por los estudiantes y el equipo, calendario de actividades.

Curso académico 2020-2021: Impartición por primera vez del curso. Previo a esta primera impartición, se realiza el planteamiento inicial, selección y estructuración de los contenidos, selección del material de referencia, selección de las herramientas tecnológicas de fácil acceso para los estudiantes, elaboración de casos de estudio y prácticas de laboratorio, etc.

Septiembre 2021 – Enero 2022: A la vista de los resultados tras la impartición de la asignatura, se revisa el planteamiento anterior y se enriquecen y actualizan los materiales.

Con el objetivo de que el curso pueda ser seguido de forma más autónoma (compatible con OCW), se realizan las siguientes acciones:

- Planificación a indicar en el curso OCW para organizar el trabajo de los estudiantes a lo largo de las semanas del cuatrimestre
- Diseño de actividades y estrategias de aprendizaje que faciliten el trabajo autónomo de los estudiantes y que despierten su interés, basado en la resolución de problemas / casos
- Para facilitar la auto-evaluación, se identifican claramente partes obligatorias a resolver en dichos problemas / casos y partes optativas que permiten alcanzar una mayor profundidad de aprendizaje, personalizándola en función de los intereses particulares de los estudiantes
- Re-diseño de algunas actividades prácticas para que puedan ser llevadas a cabo sin la necesidad de tener acceso a laboratorios con software/hardware específico.

Febrero 2022 – Mayo 2022: Durante la segunda impartición del curso, se verifica que el planteamiento para su impartición en formato OCW es adecuado:

- Se recogen y verifican los datos de la planificación del curso OCW inicial.
- Se comprueba que los estudiantes progresan con motivación y autonomía.
- Se comprueba que existe un mayor control sobre la auto-evaluación que permite a los estudiantes ajustar su esfuerzo y expectativas a los resultados que desean obtener.
- Se verifica que muchos de los estudiantes llevan a cabo las actividades formativas (resolución de problemas y casos, prácticas de laboratorio) con sus propios ordenadores.

Mayo 2022: Verificación y adaptación de los materiales del curso, para asegurarnos de que cumplen los requisitos de Creative Commons. Introducción de los mismos en el curso OCW de Moodle. Elaboración de la memoria final.

9. Conclusiones del proyecto

Conclusiones: lecciones aprendidas, impacto.

Los participantes en este proyecto estamos muy satisfechos con los resultados del mismo y esperamos que el nuevo curso OCW, que se puede encontrar en la siguiente dirección: <https://moodle.unizar.es/add/course/view.php?id=53239>, esté disponible en breves como parte de la colección de cursos en abierto de la Universidad de Zaragoza. Pensamos que parte del éxito del proyecto se debe a la experiencia adquirida en estos últimos años, durante la pandemia. Hemos tenido que replantear muchas de las asignaturas de forma que se fomenten competencias de trabajo autónomo y de aprender a aprender. Además, hemos utilizado enfoques prácticos de aprender haciendo, y metodologías activas y motivadoras basadas en la resolución de problemas y casos. Además, hemos generado materiales de aprendizaje de competencias prácticas que no requieren el uso de software / hardware específico que sólo se encuentre en los laboratorios, sino que permitan a los estudiantes realizar las actividades prácticas usando sus propios ordenadores. Todas estas componentes son clave para generar con éxito un curso OCW. En este proyecto hemos tenido la oportunidad de ponerlos en práctica. Por otra parte, teníamos hasta el momento menos experiencia con la generación de contenidos de forma que éstos estén protegidos por derechos de autor como Creative Commons by-nc-sa. En este sentido, este proyecto nos ha servido para adquirir una mejor experiencia en la generación de materiales, incluyendo materiales reutilizados también en algunos casos, verificando las condiciones en que se ofrecen para su uso, e incluyendo la adecuada atribución de autoría. Ha resultado una práctica interesante, y nos ha hecho también ser conscientes de la importancia de una gestión correcta del reconocimiento a los autores y generadores de materiales.

10. Continuidad y Expansión

Transferibilidad (que sirva como modelo para otros contextos), Sostenibilidad (que pueda mantenerse por sí mismo), Difusión realizada .

En sí, el proyecto tiene una clara componente de transferibilidad, en el sentido en que el objetivo de generar los contenidos con la licencia Creative Commons by-nc-sa tiene como finalidad que dicho curso y sus materiales puedan ser reaprovechados por, por ejemplo, profesorado que se plantee impartir cursos de similares características. Por otra parte, los participantes en el proyecto creemos que nuestra experiencia tiene la posibilidad de ser transferida a otras asignaturas también de reciente creación, que podrían ser asimismo incorporadas a la biblioteca de recursos en abierto de Unizar. En ese sentido, se puede aprovechar la experiencia de enseñanza semi-presencial experimentada estos últimos años, en la que se modificaron y crearon nuevos materiales para fomentar la autonomía de los estudiantes y para facilitar el uso de sus ordenadores personales en

muchas de las actividades prácticas. En cuanto a la sostenibilidad, una vez invertido el esfuerzo en la creación y adaptación de los materiales del curso al formato OCW, se prevé un coste adicional razonable relacionado con la respuesta a las dudas o consultas del estudiantado / profesorado que pueda ponerse en contacto de forma puntual con los organizadores del curso OCW.

En cuanto a la difusión de los resultados de este proyecto en congresos especializados, no se ha llevado cabo ninguna acción específica. Nótese por una parte que, entre los objetivos principales del proyecto, no se encontraba la difusión de los resultados de este proyecto a través de vías diferentes de aquellas con las que ya cuenta de forma habitual la Universidad de Zaragoza para ofertar y dar a conocer sus cursos Open Course Ware. Siguiendo esta misma idea, ya el proyecto estaba dotado con muy pocos fondos para la difusión (sólo 105 euros, siendo que ya simplemente la cuota de inscripción, e.g., de las Jornadas de Automática, es de 375 euros, <http://jautomatica.es/2022/callpapers.html>).

No se descarta sin embargo llevar a cabo dicha difusión de resultados en futuros proyectos. Una vez el curso OCW esté disponible de forma oficial, y tras llevar a cabo su difusión, resultaría interesante recibir una realimentación formal proveniente de los propios usuarios online del mismo: Conocer cómo ha sido su experiencia, si han podido completarlo de forma satisfactoria y si les ha resultado interesante y útil. Asimismo, resultaría interesante recopilar información sobre el número de estudiantes que lo siguen, y sobre el número y distribución de profesorado que ha consultado o reutilizado parte de los materiales del curso.

11. Resultados del proyecto indicando si son acordes con los objetivos planteados en la propuesta y cómo se han comprobado

Método de evaluación, Resultados.

Consideramos que se ha cumplido el objetivo principal:

Hemos creado el nuevo curso OCW, que se encuentra disponible en la siguiente dirección: <https://moodle.unizar.es/add/course/view.php?id=53239> . En él se facilitan en abierto los materiales, ejercicios, ejemplos e ideas, para que puedan ser accesibles y reaprovechados por otros profesores / centros / instituciones, contribuyendo así a la generación de conocimiento abierto.

Durante la impartición del curso en este semestre (curso 2021-2022), hemos podido observar la utilidad de los materiales generados y de las metodologías utilizadas en los estudiantes. Si bien se trata de estudiantes presenciales, mientras que los estudiantes que sigan el OCW serán no presenciales, esta experiencia nos ha permitido verificar el cumplimiento de los objetivos:

- Fomento de la motivación en los estudiantes

- Adquisición de destrezas “hands-on” gracias al enfoque “aprender haciendo”
- Mayor autonomía por parte de los estudiantes gracias a las estrategias de “aprender a aprender”
- Mayor control de los estudiantes sobre la relación entre esfuerzo invertido y expectativas sobre el grado de aprendizaje a alcanzar, gracias a las estrategias de auto-evaluación implementadas
- Desarrollo de las actividades usando herramientas tecnológicas de código abierto y/o gratuitas, permitiendo que muchos de los estudiantes hayan usado sus propios ordenadores personales en lugar de los del laboratorio

Esta realimentación ha sido obtenida de forma informal, mediante la observación del desempeño de nuestros estudiantes presenciales de la asignatura original. En cualquier caso, permite obtener una realimentación adicional que soporta la observación inicial del cumplimiento satisfactorio de los objetivos planteados.