



**Universidad de Granada**

**INTELIGENCIA COMPUTACIONAL Y  
JUEGOS APLICADOS A LA ENSEÑANZA**

Presentado por

**JOSÉ CARPIO CAÑADA**

To apply for the  
**INTERNATIONAL PHD DEGREE IN  
COMPUTER AND NETWORK ENGINEERING**

Directores

**JUAN JULIÁN MERELO GUERVÓS  
VÍCTOR MANUEL RIVAS SANTOS**

Firmado: José Carpio Cañada

Noviembre 2014

José Carpio Cañada: *INTELIGENCIA COMPUTACIONAL Y JUEGOS APLICADOS A LA ENSEÑANZA*, Tesis Doctoral, © Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 License  
Noviembre de 2014

## VISTO BUENO

---

El **Prof. Dr. D. Juan Julián Merelo Guervós**, Catedrático de Universidad del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada y el profesor **Prof. Dr. D. Víctor Manuel Rivas Santos**, Titular de Universidad del Departamento de Informática de la Universidad de Jaén,

CERTIFICAN:

Que la memoria titulada:

***“INTELIGENCIA COMPUTACIONAL Y JUEGOS  
APLICADOS A LA ENSEÑANZA”***

ha sido realizada por **D. José Carpio Cañada** bajo nuestra dirección en el Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores de la Universidad de Granada para optar al grado de **Doctor en Informática**.

En Granada, a 11 de Noviembre de 2014.

Los Directores de la tesis doctoral:

Fdo. Juan Julián Merelo Guervós  
y Víctor Manuel Rivas Santos



## DECLARACIÓN

---

El doctorando José Carpio Cañada y los directores de la tesis Juan Julián Merelo Guervós y Víctor Manuel Rivas Santos garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

*Granada, Noviembre de 2014*

---

José Carpio  
Cañada

Juan Julián Merelo Guervós  
y Víctor Manuel Rivas Santos



A mi familia:  
Manuel Angel, Matilde, Manuel José y Fernando.





## RESUMEN

---

Las limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza (como por ejemplo, la comunicación unidireccional, las metodologías rígidas, los enfoques orientados a resultados) pueden influenciar de forma negativa en la motivación y en las expectativas de los estudiantes provocando una reducción de los resultados académicos. Con el objetivo de hacer que el proceso de aprendizaje sea motivante esta tesis presenta una metodología que permite mejorar la experiencia de aprendizaje de los alumnos. Como aplicación práctica de la metodología propuesta, se han llevado a cabo varias experiencias reales en asignaturas clásicas de Inteligencia Artificial en las que algunas sesiones clásicas han sido sustituidas por la participación en competiciones nacionales e internacionales de Inteligencia Artificial que tenían como objetivo la realización de un agente capaz de competir contra otros adversarios en algún tipo de juego. Se han analizado entre otros elementos el ranking en la competición, la opinión de los estudiantes o el progreso académico con el fin de evaluar la metodología empleada. Hemos comprobado como la experiencia educacional mejora la percepción global de los estudiantes, mejorando incluso sus resultados académicos y sus habilidades personales gracias al aprendizaje a través de la participación en un juego. Por otro lado, aprovechando la motivación extra de la competición se han alcanzado objetivos adicionales (como por ejemplo, el aprendizaje de nuevos lenguajes de programación o nuevas tecnologías). Como conclusión, este paradigma de experiencia real nos ha permitido comprobar que el proceso es más importante que el resultado y que es posible adaptar esta metodología a diferentes escenarios de aprendizaje dentro de una institución.



## AGRADECIMIENTOS

---



## TABLA DE CONTENIDOS

---

## LISTA DE FIGURAS

---

## LISTA DE TABLAS

---

## ACRÓNIMOS

---

CI	Computational Intelligence
API	Application Programming Interface
CPU	Central Processing Unit
EA	Evolutionary Algorithm
EC	Evolutionary Computation
EP	Evolutionary Programming
GA	Genetic Algorithm
GP	Genetic Programming

Parte I

CAPÍTULOS





## INTRODUCCIÓN

---

### ÍNDICE

---

1.1	Introducción	4
-----	--------------	---

---

---

## 1.1 INTRODUCCIÓN

La presente tesis doctoral presenta una metodología para mejorar la experiencia tanto del docente como del estudiante en el aprendizaje de la Inteligencia Artificial (IA) a través de la participación en competencias de IA.

Los métodos didácticos tradicionales a menudo conllevan varios inconvenientes debido a las limitaciones de la enseñanza formal (Novosadova et al., 2007). Entre otros, la comunicación unidireccional deja de fomentar la participación activa de los estudiantes, de esta forma los profesores deben realizar un esfuerzo adicional en el camino de alcanzar los objetivos didácticos propuestos. Los errores cometidos por el alumno en el proceso de aprendizaje suelen castigarse desde un enfoque punitivo del método de enseñanza. Además de esto, los calendarios suelen ser rígidos y no siempre se adaptan a las necesidades de los estudiantes con diferentes niveles de conocimientos y habilidades individuales (Dib, 1988). Todo esto deriva en una disminución en la motivación y el interés de los estudiantes, que se agrava en la educación en ingeniería (Van Kollenburg y van Schenk Brill, 2009). Una metodología más flexible es especialmente adecuada en el caso de materias que incluyan créditos prácticos. En este sentido, los métodos interactivos (por ejemplo: las sesiones de resolución de problemas, las prácticas con ordenador y los juegos) permiten a los profesores conseguir una mayor implicación de los estudiantes en las actividades propuestas (Adams, Colina, y Slater, 2000). Teniendo todo esto en cuenta, el aprendizaje mediante el juego llega a la escena de la enseñanza como una de las experiencias de aprendizaje más exitosas (Veganzones et al., 2011). La educación formal está caracterizada por un modelo sistemático, estructurado y guiado por una serie de directivas curriculares, con frecuencia presentando objetivos, contenidos y metodologías rígidas tanto para los profesores como para los estudiantes (Dib, 1998). Además, el aprendizaje formal no se ajusta a nuestra manera natural de aprender, solo se muestra adecuado para un 18% de los niños de primaria y secundaria (K-12 es el término en Estados Unidos y Canadá para los estudiantes de primaria y secundaria, desde 4-6 a 17-19 años) y un 5.1% no siempre es un buen estímulo a medida que el estudiante demanda mayor naturalidad, flexibilidad e interacción para apoyar su aprendizaje. Además los estudiantes entran en la escena del aprendizaje con diferentes grados de compromiso, habilidades y estilos de aprendizaje, hecho que afecta a su grado de motivación (Kirkland y O'Riordan, 2013). Como indican las últimas teorías, la motivación representa un factor clave para aprender y

obtener un resultado académico exitoso (Amrai, Motlagh, Zalani, y Parhon, 2011; Maclellan, 2005; Williams y Williams, 2011).

En contraposición a lo anterior, la educación informal da a los estudiantes la oportunidad de participar en su aprendizaje de forma proactiva a través metodologías flexibles y con diferentes estilos de aprendizaje (Chen y Bryer, 2012). Esto amplía las competencias personales más que las desarrolladas en el aprendizaje formal (por ejemplo, el liderazgo, la disciplina, la responsabilidad, el trabajo en equipo, la gestión de conflictos, la planificación, la organización o las relaciones interpersonales). Como consecuencia, es considerada por los estudiantes una metodología más favorable, eficaz y estimulante comparada con una educación formal menos atractiva y eficiente (Schulz, 2008). La educación informal y el juego están cambiando el modo en el que pensamos sobre el conocimiento y el aprendizaje, además de la forma en la que estructuramos el trabajo y las ideas. El aprendizaje a través del juego permite al alumnado construir su propio conocimiento, basado en la comprensión de sus propias experiencias, tal y como indican las recientes teorías constructivistas (Gagnon y Collay, 2006). El aprendizaje activo es eficaz para motivar y mejorar rendimiento de los estudiantes, promoviendo el pensamiento creativo y con diferentes estilos de aprendizaje. El estilo "kinesthetic" (término que hace referencia al aprendizaje a través de actividades físicas) es el más adoptado en juegos, pero el estilo VARK (visual, auditivo, lectura/escritura y "kinesthetic") también puede ser utilizado (Cannon y Newble, 2000). El aprendizaje a través del juego está mejor documentado para niños de primaria y secundaria (K-12) que para universitarios (Rice, 2009). Las ventajas del aprendizaje interactivo para adultos son claras y variadas, especialmente en ingeniería dónde el conocimiento práctico requiere de una interacción directa en los laboratorios además de las lecciones teóricas (Rieber, 2001).

Desde el año 2010 su utiliza el concepto de gamificación (Llagostera, 2012) para referirnos al uso de juegos en ambientes o entornos no lúdicos (Deterding, et al., 2011). Enseñar a través del juego fomenta de forma activa la creatividad, el desarrollo de estrategias para la resolución de problemas y la autoconfianza para abordar nuevos desafíos (Lester y Russell, 2008). Sin embargo, la experiencia no es siempre suficiente para aprender y es necesario incorporar otros aspectos en el proceso (Bolton, 2010). Como pueden ser la observación, el análisis, el pensamiento crítico, la abstracción y las ensayos del conocimiento adquirido en nuevas situaciones. En este contexto, el aprendizaje basado en la competición proporciona un escenario adecuado para proporcionar todos los elementos necesarios para alcanzar un aprendizaje constructivo.

Sin embargo, un porcentaje muy bajo de profesores y estudiantes se aprovechan de la gran popularidad de los juegos con fines educativos.

El aprendizaje activo a través de las competencias se ha probado como un factor motivador permitiendo a los estudiantes adquirir conocimiento por ellos mismos a través de la actividad y el razonamiento (Carpio Cañada et al., 2011). Este modo de aprendizaje se caracteriza por una perspectiva centrada en el estudiante dónde el proceso es más importante que el resultado. Por tanto, los profesores se convierten en el medio para guiar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje, dónde los alumnos motivados aprenden las materias de la asignatura a través de la resolución de los desafíos planteados (Hmelo-Solver, 2004). Como principal ventaja, los estudiantes responden de manera natural a este tipo de aprendizaje, dónde los juegos ofrecen un medio para formar y reformar ideas de una forma divertida e interactiva. Como resultado, cuanto más motivado e implicado está el alumno, mayor es el aprendizaje (Squire y Jenkins, 2003). La presente tesis doctoral presenta una metodología para mejorar la experiencia tanto del docente como del estudiante en el aprendizaje de la Inteligencia Artificial (IA) a través de la participación en competencias de IA.

Aprender jugando en IA Desde que Alan Turing estableciese el primer juego que podía ser jugado de forma automática por máquinas utilizando algoritmos lógicos, estos han sido utilizados como una metodología de aprendizaje para enseñar diferentes conceptos de IA (Turing, 1950). Esto transformó los juegos en una herramienta potencialmente exitosa utilizada para enseñar una gran variedad de métodos prácticos gracias a su habilidad para motivar a los estudiantes proporcionando espontaneidad, flexibilidad e interactividad para apoyar la experiencia de aprendizaje (Moursund, 2007). Los ejemplos más representativos en educación son los juegos de mesa clásicos como Backgammon, utilizado para enseñar métodos de exploración por la técnica de aprendizaje por refuerzo (Moursund, 2006); Checkers, utilizado para desarrollar técnicas de resolución de problemas basadas en búsquedas (Sturtevant, 2008); Tic-Tac-Toe, utilizado para Mini-Max y poda Alfa-Beta (Michulke y Schif fel, 2011); N-puzzle, utilizado en búsqueda en espacio de estados (Markov, Russell, Neller y Zlatareva, 2006); o n-Reinas, utilizado para enseñar problemas de satisfacción de restricciones (Letavec y Ruggiero, 2002), además de otros.

Los profesores han detectado que la motivación de los estudiantes juega un papel clave en el aprendizaje y que es posible alcanzar los objetivos académicos con éxito a través de los de-

safíos propuestos en las asignaturas. Por ejemplo, The Open Racing Car Simulator, un framework open source y multiplataforma altamente portable, ha sido utilizado como un juego de coches 3D para enseñar principios mecánicos en la Universidad Northern Illinois (Coller, 2009). Además, diferentes ligas RoboCode se han organizado en la Universidad Nacional de Maynooth, con el objetivo de enseñar lenguajes de programación (O'Kelly y Gibson, 2006). En estos casos, a los alumnos se les plantea el diseño de agentes inteligentes, llamados robots, para competir unos con otros intentando imitar el comportamiento humano (Eisenstein, 2003). En otros casos, la competición ayuda a descubrir estudiantes con talento y habilidades especiales en las escuelas de ingeniería. Como ejemplo, la competición internacional Facebook Hacker Cup comenzó en 2011 con este propósito, que consiste en resolver un número de problemas basados en algoritmos utilizando cualquier framework o lenguaje de programación (Forisek, 2013). Además, la universidad del estado de Wichita ha utilizado Lego Mindstorm para la First Lego League. Esta competición, que también ha sido probada como una útil metodología de enseñanza en estudiantes K12, ha ayudado a adquirir aptitudes individuales, valores, habilidades y conocimientos han sido adquiridos de forma natural gracias a la educación informal (Whitman y Witherspoon, 2003). Con el objetivo de utilizar IA como plataforma de pruebas con el fin de motivar la formación y la investigación en este campo, han surgido diferentes competiciones tanto nacionales como internacionales. Por ejemplo, la Universidad de Stanford utilizó AAAI (Association for the Advancement of AI) General Game Playing como una excelente plataforma de desarrollo para estudiantes durante una competición celebrada en verano (Genesereth, Love y Pell, 2005). Además, la Universidad de Hartfold ha desarrollado y probado un conjunto de proyectos denominados MLExAI (Machine Learning Experience in AI) que pueden ser integrados en cursos introductorios para enseñar IA a través del aprendizaje automático (Neller, Russell y Markov, 2008). La Universidad de Essex lanzó la liga MS Pac-Man contra Ghost con el fin de enfrentar a robots creados por diferentes competidores que habían sido previamente probados con éxito por profesores y estudiantes en cursos de IA (Szita y Lorincz, 2007). Otra competición que se ha celebrado tradicionalmente en Universidades ha sido el Physical Traveling Salesman Problem, un juego con un único jugador dirigido a resolver problemas de optimización combinatoria con controladores de IA (Perez, Rohlfshagen y Lucas, 2012); La competición de Carreras de Coches simuladas, un evento que consiste en tres competiciones dónde se aplican técnicas de IA para con-

trolar coches en un juego de carreras (Loiacono y otros, 2010); la competición de IA Mario, ha sido un referente utilizado en diferentes competiciones relacionadas con congresos internacionales en educación y/o investigación (Karakovskiy y Togelius, 2012); y la competición Start Craft AI, un juego avanzado de estrategia para los que los robots con IA tienen que abatir a jugadores humanos expertos en tiempo real (Togelius y otros 2010), además de otros. Estos paradigmas representan un escenario dónde la observación, la abstracción de conceptos, el pensamiento crítico, el análisis y el conocimiento adquirido concurren en un proceso educativo de éxito dentro del contexto de una competición. La competición AI Challenge organizada por la Universidad de Waterloo y patrocinada por Google (Savchuk, 2012). Cada edición ha consistido en un reto diferente y los participantes debían enviar un robot para competir contra robots de otros participantes (Perik, St-Pierre, Maes y Ernst, 2012). Los temas en esta serie de competiciones han sido Rock-Paper-Scissors (otoño 2009), Tron Light-Cycles (primavera 2010), Planet Wars (otoño 2010) y Ants (otoño 2011). Aunque la primera edición estuvo basada en un juego muy conocido, las siguientes competiciones se basaron en diseño de juegos totalmente originales. Esto proporcionó un factor de motivación para explorar nuevos enfoques, experimentar con ideas diferentes y finalmente encontrar soluciones a problemas por estudiantes de todo el mundo. Google AI Challenge se distingue por ser una competición internacional con partidas online multijugador tanto para universitarios como para profesionales. Ha sido utilizado para enseñar una variedad de algoritmos de IA (p. ej. Algoritmos genéticos, redes neuronales y lógica borrosa), a la vez que se enseñan nuevos lenguajes de programación a través de la implementación de agentes inteligentes.

Competiciones de robótica aplicadas a la IA Se trata de un claro ejemplo para permitir que los estudiantes ganen interés en la robótica y demostrar que las competiciones de robótica son un buen marco para desarrollar experiencias en el aula. Las competiciones también ofrecen a los estudiantes la oportunidad de encontrarse con personas con más experiencia en un determinado campo. Además, mediante este tipo de experiencias de competición, se transmite a los estudiantes la idea de que, con frecuencia, la vida real es diferente a los problemas que se resuelven en la Universidad. Puede ser muy diferente diseñar y programar código para una simulación, que hacerlo para un robot real móvil. Por ejemplo, hay muchos factores adicionales que hay que tener en cuenta, como la carga de la batería o la iluminación del lugar de la competición. Muchas cuestiones surgen durante la ex-

perencia, tanto en relación con el diseño del hardware y como del software.

Casi todos los profesores en el ámbito de la Ingeniería tienen el objetivo de formar a los ingenieros del mañana y, en esa formación, es muy importante acercar a los estudiantes al mundo real. Esta idea se ha plasmado con varias experiencias relevantes que se pueden encontrar en la literatura. Por ejemplo, en Zhongli y otros, se presenta una plataforma basada en Internet para una competición de fútbol dedicada a robots educativos. De Vault, describe una experiencia a través de un curso de robots móviles y la participación en una competición anual. En Grimes y otros, se describen los resultados académicos y los conocimientos adquiridos por los estudiantes en una competición que se convierte en una excelente oportunidad de crecimiento educativo. Es este trabajo se describe cómo los estudiantes tienen toda la responsabilidad en la definición de las reglas de la competición, diseñando y construyendo la pista y llevando a cabo la competición. En Berlier y otros, se presenta una metodología utilizada para reemplazar el proyecto final por otro donde los estudiantes construyen un robot basado en micro controlador con el objetivo de participar en una competición. Murphy, describe una estrategia para integrar una competición de diseño de robots en asignaturas como una forma de mejorar la experiencia de aprendizaje mejorar el desarrollo intelectual. Finalmente en Almeida y otros, se presentan las competiciones de robots móviles como un evento muy adecuado para la experimentación, la investigación y el desarrollo en muchas áreas de la educación secundaria y Universitaria.

**Descripción de las competiciones** Durante el desarrollo de esta tesis se ha participado en 6 competiciones Cosmobot 2009, CIAR 2010, Ants 2011, First Lego League 2011/2012 y 2012/2013 y Hello World Open 2014. De las seis competiciones en las que se ha participado se han descrito en forma de artículos dos de ellas Cosmobot 2009 (Carpio y otros 2010) y Ants 2011 (Carpio y otros 2014 y Carpio y otros 2013). A continuación describiremos brevemente cada una de ellas.

### **Cosmobot 2009**

Cosmobot es la primera de las iniciativas de gamificación en el aula de este trabajo de investigación. Se financia gracias a una ayuda de la Universidad de Huelva para fomentar proyectos de innovación educativa. La competición que se celebró en Madrid en la sede de CosmoCaixa los días 28 y 29 de marzo de 2009. En esta edición se presentaban dos pruebas diferentes: luchadores de sumo y velocistas seguidores de línea. La prueba de velocistas

en la que participamos, consistía en recorrer a máxima velocidad un circuito dibujado con líneas negras sobre fondo blanco que servían de guía a los robots participantes. El robot, utilizando algún tipo de sensor tenía que reconocer estas líneas y seguirlas a la mayor velocidad posible sin llegar a salir de la pista, delimitada por líneas rojas.

Ámbito: Nacional

Lugar: CosmoCaixa Madrid

Año: 2009

Modalidades: Robots seguidores de líneas y luchadores de sumo

Número de participantes: 29

Web: <http://www.roboticspot.com/especial/cosmobot2009/>

Publicación: Carpio y otros 2010

### **Competición de Inteligencia Artificial y Robótica 2010**

Competición de Inteligencia Artificial y Robótica 2010 (CIAR 2010), celebrada en la Universidad de Huelva y organizada por varios compañeros y el doctorando pertenecientes a los departamentos de Tecnologías de la Información y de Ingeniería Electrónica, Sistemas Informáticos y Automática de la Universidad de Huelva. Esta competición consta de tres modalidades: diseño de robots, seguidores de línea y carreras de coches en entorno simulado. La modalidad de diseño de robot premiaba la creatividad de los diseños, la originalidad, la funcionalidad y el modo de construcción de los prototipos. La prueba de seguidores de línea tenía consistía, al igual que en Cosmobot en seguir un circuito dibujado con líneas a la mayor velocidad posible. Y por último la competición de carreras simuladas de coches consistió en la programación de un agente que controlase un coche de carreras en un entorno virtual 3D.

Ámbito: Local

Lugar: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Huelva

Año: 2010

Modalidades: Robots seguidores de líneas, carreras de coches virtuales, diseño de robots.

Número de participantes: 12

Web: <http://goo.gl/upakEo>

### **First Lego League**

Competición internacional con pruebas de diferentes ámbitos.



En este caso participamos en la organización de la prueba provincial de Huelva en la edición 2011/2012 y como colaboradores en la edición 2012/2013. Cada edición se plantea un reto diferente que hay que resolver utilizando una serie de componentes de la compañía Lego y su unidad de control Lego Mindstorms. Cada año la temática de la competición es diferente. En el año 2011 la competición tenía el título de "Food Factor" y estaba relacionado con la problemática de la alimentación, producción, almacenamiento o distribución de alimentos. La edición 2012 tenía como título "Senior solutions" y pretendía motivar a los participantes a reflexionar sobre las necesidades de los mayores y a pensar en posibles soluciones.

Ámbito: Provincial/Internacional

Lugar: Universidad de Huelva

Año: 2011/2012 y 2012/2013

Modalidades: Diseño de robots para resolver un reto

Número de participantes: 100 (aproximadamente)

Web: <http://www.firstlegoleague.es/>

### **Ants 2011**

Competición organizada por la Universidad de Waterloo y con el patrocinio de Google. El año 2011 se celebra su cuarta edición siendo las anteriores: Rock Paper Scissors otoño 2009, Tron invierno 2010, Planet Wars otoño 2010, Ants otoño 2011. El reto de la cuarta edición consistía en organizar una comunidad de hormigas con el objetivo de conquistar los hormigueros enemigos. Sobre un mapa se sitúan diferentes comunidades de hormigas, cada una de ellas con un número de hormigueros. En el mapa se distribuye comida de forma aleatoria que las hormigas pueden capturar. Cada vez que una hormiga alcanza la comida, del hormiguero sale una nueva hormiga. De esta forma se consigue que la comunidad de hormigas crezca. Sin embargo el objetivo último de la prueba no es que la comunidad sea muy grande, sino que se lleguen a conquistar los hormigueros enemigos. Gana el equipo que consigue conquistar más hormigueros. En este caso era importante diseñar estrategias de defensa, de ataque, de captura de alimentos y de captura de hormigueros enemigos. Además las estrategias debían ser muy rápidas ya que la ejecución se organizaba en turnos de 1000 ms, lo que requería un gran esfuerzo de optimización de los algoritmos. Cabe destacar de esta competición que en ella participaban estudiantes de todos los rincones del mundo, trabajadores de empresas prestigiosas como Google, y estudiantes de las mejores universidades

del mundo Stanford, MIT, EPFL entre otras.

Ámbito: Internacional

Lugar: Online, sitio web de la organización

Año: 2011

Modalidades: Manejo de una comunidad de agentes robóticos

Número de participantes: 7.897

Web: <http://ants.aichallenge.org/>

Publicaciones: Carpio y otros 2013 y Carpio y otros 2014

### **Hello World Open 2014**

En esta ocasión el reto consistió en programar un agente robótico capaz de correr en una pista virtual tipo Scalextric, en la que los coches circulan fijos a una línea de la pista. Lo interesante de este reto es que la física cambiaba de un circuito a otro, por lo que era importante intentar descubrir las características de cada pista antes de empezar. Además, se daba la circunstancia de que en el juego simulado, si la velocidad en la curva era demasiado elevada, el coche era expulsado de la pista, de forma que el coche perdía todas sus posibilidades de ganar la carrera. Uno de los retos importantes en este caso, adaptar la velocidad a la máxima posible sin llegar a salir de la pista.

Ámbito: Internacional

Lugar: Online, sitio web de la organización

Año: 2014

Modalidades: Manejo de una comunidad de agentes robóticos

Número de participantes: 2.520 equipos

Web: <https://2014.helloworldopen.com/>

## OBJETIVOS

---

### ÍNDICE

---

2.1	Objetivos de esta tesis	13
2.2	Objetivos	13
2.3	Estructura de la tesis	14

---

---

#### 2.1 OBJETIVOS DE ESTA TESIS

**E**l objetivo de esta tesis es crear una metodología que permita mejorar la experiencia docente en el ámbito de la IA/IC. Esta metodología mejora uno de los aspectos imprescindibles en el proceso de aprendizaje como es la motivación. A continuación se describen los sub-objetivos de la tesis:

---

#### 2.2 OBJETIVOS

Los objetivos que esta tesis quiere validar son los siguientes:

*Objetivo 1: Probar que la inclusión de competencias en el aula puede mejorar la experiencia de aprendizaje de la IA*

Las competencias en IA pueden favorecer el aprendizaje de técnicas que tradicionalmente se impartían de una forma teórica con baja implicación de los alumnos.

*Objetivo 2: Proponer una metodología que ayude a los profesores responsables de asignaturas relacionadas con la IA a mejorar la experiencia de aprendizaje de sus alumnos*

Describir los recursos necesarios para desarrollar esta metodología de forma práctica.

*Objetivo 3: Validar la metodología a través de dos experiencias reales en el aula*

Para validar la metodología se han realizado diferentes experiencias en el aula cuyos resultados han sido publicados en diferentes revistas científicas.

*Objetivo 4: Validación de la metodología a través de la publicación de un artículo científico con la participación de alumnos*

Como objetivo final de la tesis, se ha realizado un trabajo de investigación por parte de alumnos que han trabajado en este nuevo modelo de aprendizaje.

---

### 2.3 ESTRUCTURA DE LA TESIS

Este capítulo ofrece una introducción a esta tesis, incluyendo su motivación y las preguntas a abordar.

A continuación se expone la estructura del resto de capítulos:

El primer paso de esta tesis ha consistido en el estudio de las técnicas de IA/IC utilizadas en el ámbito universitario. Fruto de este trabajo inicial se ha publicado el primer trabajo científico en revista internacional [? ]

El segundo trabajo [? ], el tercer trabajo [? ] y el cuarto [? ].

## METODOLOGÍA

---

### ÍNDICE

---

3.1	Metodología	15
-----	-------------	----

---

---

### 3.1 METODOLOGÍA

Con el fin de llevar a cabo este trabajo de investigación, hemos seguido como guías metodológicas principales las buenas prácticas del método científico y, en lo referente a desarrollos, las buenas prácticas de la Ingeniería del Software y la Ingeniería de los Computadores. Teniendo esto como marco general, hemos estructurado nuestro trabajo en las siguientes etapas:

1. Adquisición de conocimientos relacionados con la investigación, el método científico, diseño de experimentos, análisis de datos y resultados en el ámbito de la IA
2. Búsqueda de competiciones que se ajusten al periodo lectivo
3. Breve estudio de las características de la competición
4. Propuesta de la actividad docente de gamificación al alumnado
5. Diseño de la experiencia de gamificación en la enseñanza de la IA en ingeniería con las siguientes etapas:
  1. Diseño de las encuestas para evaluar los diferentes elementos
  2. Planificación de la experiencia docente
6. Recopilación de datos previos a la experiencia
7. Puesta en marcha de la actividad docente
8. Recopilación de datos posteriores a la experiencia
9. Análisis de los datos obtenidos
10. Análisis de las conclusiones
11. Publicación en revistas de impacto de las experiencias

La primera fase de la metodología es el conocer el modo de elaborar un artículo científico en el ámbito de la IA. Para ello, en primer lugar, se realiza una revisión bibliográfica de diferentes técnicas, en nuestro caso las Redes Neuronales y concretamente los Mapas Auto-organizativos (SOM), los algoritmos genéticos y la lógica borrosa. Esta fase es fundamental, ya que sin estos conocimientos no sería posible diseñar la actividad de gamificación en el aula como un experimento científico que nos permita publicar resultados en una revista de prestigio (con clasificación en JCR). Como parte de esta primera etapa se elabora

un trabajo científico en colaboración con otros compañeros en el ámbito de la lógica borrosa y la computación evolutiva (V. Rivas y otros 2002).

Una vez conocido como aplicar el método científico y con la experiencia de una primera publicación, necesitamos adaptar esos conceptos aprendidos al estudio de un experimento en el aula. El método científico como es bien sabido se basa en dos pilares fundamentales: el principio de reproducibilidad y de refutabilidad. Es decir, necesitamos describir la experiencia de forma que pueda ser reproducible y además tenemos que publicar el trabajo realizado de forma que la comunidad científica pueda poner en marcha la experiencia y corroborar o no la certeza de lo expuesto. Al trabajar con estudiantes, a diferencia con la experimentación con un conjunto de datos, la forma de reproducir la experiencia nunca producirá resultados exactamente iguales. Por esta razón, este tipo de experiencias nos obliga a considerar la reproducibilidad desde un punto de vista no tan estricto al que tendríamos considerando por ejemplo un algoritmo aplicado a un conjunto de datos conocido. Superada esta consideración, y con la fuerza de los beneficios observados en los alumnos que participan en competiciones de IA, decidimos dar un tratamiento científico a la experiencia con la esperanza de poder publicar los resultados obtenidos en revistas de prestigio.

Para poder poner en marcha una experiencia de gamificación en el aula necesitamos hacer coincidir el periodo lectivo con alguna de las competiciones relacionadas con la IA. Esto no siempre es posible, por lo que en algunos casos, como sucedió en CIAR 2010, los propios profesores toman parte activa organizando una competición para que los alumnos puedan participar. Esta opción requiere de un gran esfuerzo por parte de los profesores organizadores, por lo que no siempre será una alternativa adecuada. La otra opción más factible, requiere conocer competiciones de IA y para ello es importante disponer de una red de contactos con interés en el mundo de las competiciones en IA. En nuestro caso ha sido esta red de contactos la que nos ha permitido conocer nuevas iniciativas o reediciones de competiciones anteriores que hemos podido encajar dentro del periodo lectivo de las asignaturas de IA impartidas. Es importante destacar en este punto que hay competiciones que se celebran durante varios años seguidos y después dejan de celebrarse por algunos años (como es caso de AI Challenge) o bien otras nuevas surgen (como el caso de Hello World Open Competition que comienza en 2014

y tiene prevista una nueva edición en 2016).

Una vez decidido en que competición participar, el siguiente paso es hacer un pequeño estudio de la competición. Es importante conocer las reglas, lenguajes de programación que podemos utilizar, las fases de la competición, los plazos de inscripción y finalización, recursos necesarios, obligatoriedad o no de desplazarse al lugar del evento, recursos disponibles (programas de ejemplo), foros de discusión, etc. Con toda esta información el profesor debe valorar la viabilidad de la puesta en marcha de la actividad dentro del aula. En este sentido, la experiencia puede ayudarnos a decidir la viabilidad o no de la puesta en marcha de la actividad.

A continuación, el profesor plantea a los alumnos la posibilidad de realizar la actividad de gamificación en el aula. En (Carpio y otros, 2014) se pone de manifiesto que los resultados son mejores cuando son los alumnos tienen la posibilidad de decidir si participan en la competición. De esta forma los alumnos aceptan el reto propuesto y lo toman como un proyecto personal. El mismo método se aplicó en (Carpio y otros 2010) y los resultados en cuanto a motivación e implicación fueron muy positivos.

Una vez aceptado el reto por parte de los alumnos, comienza el proceso de planificación de la actividad por parte del profesor. Con la idea de no alterar demasiado la marcha habitual del curso en cuanto a sus actividades y sus contenidos, por lo general lo que hemos hecho ha sido concentrar el trabajo en un periodo corto. En la experiencia descrita en (Carpio y otros 2010), el trabajo se concentra principalmente en la semana previa a la competición. Durante esta semana, los participantes organizaron reuniones de trabajo que ocuparon casi todo un fin de semana. De esta forma los estudiantes aprendieron a organizar bien el tiempo, comprobando cuáles son sus límites y en qué momento es mejor hacer un descanso para que las horas de trabajo vuelvan a ser productivas. Con este método organizativo conseguimos alterar mínimamente la planificación establecida para el curso. Solo se introdujeron algunas sesiones en las que se informó de las reglas de la competición (Carpio y otros 2010 y 2014) y algunas sesiones para realizar algunas tareas específicas (Carpio y otros 2010) como por ejemplo para el diseño de la placa de circuito impreso PCB o para la fabricación y montaje de la placa de control del robot móvil. En el caso de ANTS 2011 se organizaron un par de sesiones para mostrar cómo crear un agente



robótico básico a partir de los ficheros proporcionados por la organización y en el fin de semana anterior se organizó una sesión de trabajo que ocupó casi todo el fin de semana.

Una vez introducido el problema a resolver y puesto que algunos de los conceptos impartidos en la asignatura se podían aplicar al agente robótico, los alumnos encontraban rápidamente la utilidad de lo explicado, como por ejemplo en el caso de encontrar un camino mínimo hacia la comida o el hormiguero enemigo en ANTS 2011 (Carpio y otros 2013, 2014) con el algoritmo A\*. En cursos anteriores, era necesario introducir ejemplos, no siempre cercanos a los intereses de los alumnos, que hacía difícil que ellos pudiesen comprobar la utilidad real de la técnica que se trata de enseñar, lo que derivaba en falta de interés y motivación. Sin embargo, al tratar de resolver un reto planteado los alumnos encuentran rápidamente la aplicación de lo que están aprendiendo y al ver la utilidad adquieren los conocimientos de una forma más rápida y posiblemente más duradera.

Podemos resumir la metodología de la siguiente forma:

- Mínima alteración de la estructura habitual de la asignatura (contenidos y planificación temporal)
- Concentración del trabajo en sesiones de fin de semana
- Aplicación de los conceptos aprendidos en el desarrollo del agente para la competición (A\*, algoritmos evolutivos, lógica borrosa, etc.)
- Recopilación de datos de las encuestas de opinión de los alumnos
- Análisis de los resultados



## DISCUSIÓN Y RESULTADOS

---

### ÍNDICE

---

4.1	Discusión y resultados	17
-----	------------------------	----

---

4. Discusión y resultados - Aquí ¿bastaría? con traducir los resultados de cada uno de los artículos anteriores

---

### 4.1 DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Discusión y resultados ...



## CONCLUSIONES

---

### ÍNDICE

---

5.1	Conclusiones	19
5.2	Evolving two-dimensional fuzzy systems	23

---

## 5. Conclusiones - ???

---

### 5.1 CONCLUSIONES

Conclusiones ...



Parte II

PUBLICACIONES





5.2 EVOLVING TWO-DIMENSIONAL FUZZY SYSTEMS

A continuación se detallan los datos del artículo publicado relacionado con esta sección de la disertación.

Título: **Evolving two-dimensional fuzzy systems**  
Revista: **Fuzzy Sets and Systems**, 2003; Factor de impacto: **0,577**;  
Autores: Víctor M. Rivas, J.J. Merelo, I. Rojas, G. Romero, P.A. Castillo, **J. Carpio**

Relevancia de la revista:

Nombre de la categoría	Revistas en la categoría	Posición en la categoría	Cuartil en la categoría
COMPUTER SCIENCE, THEORY	70	44	Q3
MATHEMATICS, APPLIED	153	85	Q3
STATISTICS & PROBABILITY	75	42	Q3









### Parte III

## APÉNDICE

## NOTES

---