



### Memoria del proyecto A Challenge in Systems Engineering

Creada por RICARDO SANZ BRAVO

## 1. CONSECUION DE OBJETIVOS / ACTUACIONES

### 1.1. De los objetivos y actuaciones previstas en la solicitud de su Proyecto, describa cómo ha sido la consecución de ambos:

Este proyecto (A Challenge in Systems Engineering) forma parte de los proyectos coordinados de innovación educativa de la ETSII. Dichos Proyectos de Innovación Educativa tenían como misión el contribuir a la continuidad del proceso de implantación de las Titulaciones Oficiales tanto de Grado como de Master que han sido diseñadas de acuerdo a los Reales Decretos 1393/2007 y 861/2010. Este proyecto se centra en una de estas titulaciones (Master U. en Ingeniería Industrial) y en particular en una asignatura de dicho Máster: INGENIA Systems Engineering (INGENIA SE).

Los objetivos generales del proyecto de la ETSII1 eran:

- OBJ6: Integrar la formación y evaluación en competencias transversales aportando nuevas experiencias y criterios al Modelo Propuesto en el marco del Proyecto transversal.
- OBJ2: Mejorar los sistemas de evaluación continua y calificación, con especial atención a los sistemas de evaluación integral de competencias. Para ello se pidieron tres tipos de actuaciones, la primera de las cuales es la que perseguimos con nuestro proyecto:

1) Actuaciones que permitan la puesta en marcha de las nuevas asignaturas INGENIA del Plan de estudios del Máster U. en Ingeniería Industrial y, en especial, la mejora de las actividades para el fomento y evaluación de las competencias que deben ser cubiertas necesariamente en dichas asignaturas. El objetivo específico de nuestro proyecto era el desarrollo de un reto de ingeniería que requiriese del empleo de las técnicas de ingeniería de sistemas objeto de esta asignatura. Este reto debería permitir organizar el curso como un proceso PBL (Project-based Learning) en el que los alumnos estarían inmersos en un proyecto "real" de ingeniería de sistemas en el que pudieran aprender y practicar las competencias transversales que son el objetivo de las asignaturas INGENIA. INGENIA SE 2014-2015 se planteó como un curso PBL en el que los alumnos desarrollan en equipo un proyecto real de ingeniería de sistemas inteligentes con la complejidad necesaria para requerir la aplicación de los métodos de la ingeniería de sistemas. Dicho proyecto recibe la denominación de "Challenge" dentro del marco de la asignatura. El challenge debería requerir de la aplicación de conocimiento multidisciplinar.

El objetivo de este proyecto concreto de Innovación Educativa es el desarrollo del "Systems Engineering Challenge" para el curso 2014-2015. El objetivo propuesto inicialmente para dicho Challenge era el desarrollo de un sistema de localización de coches no autorizados y/o mal aparcados en el aparcamiento de la escuela. Para ello se emplearía un dron comercial de bajo coste y se desarrollaría el software de navegación, seguridad, procesamiento de imagen en integración con las bases de datos de la ETSII.

En el proyecto de innovación educativa se debían preparar las especificaciones del Challenge, adquirir los equipos necesarios y definir los procesos de validación y evaluación de la ejecución de dicho Challenge por los equipos de alumnos.

Dado que uno de los objetivos prioritarios del proyecto de la ETSII es la "la formación y evaluación en competencias transversales" el trabajo en INGENIA SE se orientó hacia la obtención y evaluación de dichas competencias. En particular esto supuso un cambio respecto al plan previsto, ya que para fomentar la competencia CREATIVIDAD los alumnos tuvieron que hacer un conjunto de propuestas alternativas a la inicial (el vigilante de parking), evaluarlas y decidir cual era la mejor para su "cliente". A resultas de este proceso, el objetivo del PBL cambió de un vigilante de parking a un guía para alumnos de nuevo ingreso. Esto supuso un cambio en la aplicación concreta pero ninguno respecto a los requisitos del proyecto (tecnología, complejidad, etc).

Así, en el curso 2014-2015, se han:

- Preparado las especificaciones del Challenge –un guía dron de la ETSII– , en un trabajo colaborativo entre los profesores de la asignatura y los alumnos.
- Se han adquirido los equipos necesarios: drones, ordenador y tablet. Se han adquirido dos drones Parrot: AR.drone2 y BeBop-, un ordenador portátil ASUS para desarrollo de código y ejecución de servidores y un Tablet Android Samsung para la interfaz de operación de los drones.
- Se han definido los procesos de validación y evaluación de la ejecución de acuerdo con las especificaciones de los procesos de validación, verificación y aceptación especificados en el estándar ISO/IEC/IEEE 15288 y en el INCOSE Systems Engineering Handbook.

En resumen, los objetivos y actuaciones previstas en la solicitud de este proyecto se alcanzaron en su totalidad (con la salvedad del remplazo de la aplicación de vigilancia por una de aplicación de guiado).

### 3. RESULTADOS E IMPACTO

#### 3.1. Relacione los productos concretos y tangibles desarrollados (aplicaciones, material didáctico, informes, guías, etc.):

En este curso INGENIA SE 2014-2015 se han desarrollado muchos materiales entre los que cabe destacar por su relación con este proyecto PIE:

- Aplicaciones:

- o Se ha construido una aplicación de guiado en interiores usando drones.

- Material didáctico:

- o 21 Lecciones de Ingeniería de Sistemas.

- o 6 Lecciones sobre Herramientas de Ingeniería.

- o 4 Lecciones sobre Impacto, ética y sostenibilidad.

- o 2 Lecciones sobre Casos de Estudio de IS.

- o Múltiples ejercicios de evaluación de competencias específicas y de competencias genéricas.

- Informes:

- o Documento Concept of Operations de un Sistema de Guiado basado en Drones. Es la especificación principal del Challenge.

- o Especificación Technical Performance Measurements (TPM) del Sistema de Guiado basado en Drones. Especifica los procesos de evaluación del proyecto realizado.

Todos estos materiales están disponibles en el Moodle de la UPM:

E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES ► Máster U. en Ingeniería Industrial ► INGENIA SE

<https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=5937>

#### 3.2. Describa el impacto del PIE con resultados o evidencias obtenidas en los ámbitos que sean oportunos

##### 3.2.1 Mejora resultados aprendizaje:

El foco en un proyecto concreto hace que el aprendizaje esté más motivado. El resultado es una mejora en la asimilación de contenidos (de Ingeniería de Sistemas en nuestro caso) que se evidencia: en los resultados obtenidos y en la capacidad de respuesta de los miembros del equipo a cualquier pregunta de dicho ámbito de conocimiento en relación con su proyecto.

Durante el curso se han realizado 18 procesos de evaluación de diferentes aspectos (tanto de competencias específicas como transversales).

##### 3.2.2. Mejora de sistemas de información:

Se ha utilizado Moodle para la gestión completa del curso. Adicionalmente, se han utilizado sistemas de información de ingeniería para la coordinación y ejecución de proyecto. El aprendizaje del uso de herramientas informáticas de ingeniería (del mundo real) es uno de los objetivos de aprendizaje de competencias transversales de la ETSII.

### **3.2.3. Mejora en el uso de metodologías:**

Los alumnos han aprendido a usar metodología de Ingeniería de Sistemas tal y como se detalla en el estándar ISO/IEC/IEEE 15288 Systems Engineering Life-Cycle Processes así como en el INCOSE Systems Engineering Handbook. Así mismo han aprendido metodologías de desarrollo de software, dada la naturaleza del challenge a desarrollar (un sistema intensivo en software).

### **3.2.4. Mejora en la comunicación con centros de EEMM:**

En INGENIA SE hemos colaborado con Indra y Airbus Defence and Space, dada la importancia que en dichas organizaciones tiene la ingeniería de sistemas.

### **3.2.7. Mejora de las tutorías:**

Las tutorías han sido cambiadas de formato. En vez de horas específicas de tutorías, los alumnos han tenido contacto continuo –la asignatura dura un curso completo- con los profesores de la asignatura a través de Moodle, correo electrónico, videoconferencia y reuniones específicas.

Los profesores han actuado en cuatro roles en este proceso:

1. Como profesores de la materia impartida (ingeniería de sistemas, sostenibilidad e impacto o control de drones).
2. Como clientes de un proyecto de ingeniería de sistemas con drones.
3. Como coaches del equipo de desarrollo (los alumnos se organizan en equipos; otra de las competencias transversales).
4. Como consultores independientes a los que los alumnos podían acudir con consultas técnicas específicas (e.g. sobre herramientas de modelado o sistemas de localización de drones).

Esto ha supuesto un cambio radical frente a la práctica habitual en otras asignaturas, produciendo un resultado excelente en el aumento de la autonomía de los alumnos y su capacidad metacognitiva para controlar sus propios procesos de aprendizaje.

### **3.2.9. Mejora de sistemas de evaluación:**

La evaluación de INGENIA SE se ha centrado en los objetivos de las asignaturas INGENIA: competencias transversales y sostenibilidad.

El aprendizaje de la ingeniería de sistemas y el desarrollo de un proyecto específico de drones se han utilizado como herramientas para vehicular el desarrollo de dichas competencias. Esto quiere decir, por ejemplo, que para evaluar la competencia de creatividad no se han empleado exclusivamente ejercicios estándar de creatividad, sino que dicha creatividad se ha evaluado en el contexto específico de ingeniería del challenge (los alumnos han tenido “crear” soluciones alternativas de ingeniería en el ámbito del challenge).

A este efecto, los procesos de evaluación desarrollados se asemejan fundamentalmente a los procesos de evaluación empleados en los proyectos de ingeniería, tanto para evaluar los productos de dichos proyectos (el sistema de drones en el caso de INGENIA SE) como para evaluar los procesos de ingeniería (i.e. lo que los alumnos hacen para desarrollar dichos productos; el objeto del estándar ISO 15288).

Estos últimos –evaluación de procesos– son los que permiten determinar de hecho el avance en el desarrollo de competencias genéricas, pero al estar vinculados a los primeros –evaluación de producto– resultan mucho más significativos tanto para los profesores como para los propios alumnos.

Hemos de tener en cuenta que las competencias genéricas en ingeniería han de conducir necesariamente a resultados en

forma de producto de ingeniería (que son el fin último de la ingeniería).

### **3.2.10. Otros**

#### **Ámbito:**

Comunidad Profesional

#### **Descripción:**

El trabajo hecho en INGENIA SE ha sido valorado muy positivamente por nuestros colaboradores en las empresas – Airbus e Indra– así como por la comunidad de Ingeniería de Sistemas en España (AEIS-INCOSE).

## **4. DIFUSION**

### **4.1 Especifique las acciones de difusión realizadas (congresos, jornadas, artículos, capítulo libro, libro completo, etc):**

Se ha creado un website de la asignatura INGENIA SE para su difusión entre los alumnos y otro personal interesado en su temática y desarrollo:

<http://ingeniasystemsengineering.info>

Se ha presentado una ponencia sobre INGENIA en el congreso CDIO:  
THE “INGENIA” INITIATIVE: A MULTIDISCIPLINARY SET OF SUBJECTS FOR PROMOTING THE CDIO METHODOLOGY IN A MASTER’S DEGREE IN INDUSTRIAL ENGINEERING. Julio Lumbreras Martín, Ana Moreno Romero, Andrés Díaz Lantada, Álvaro García Sánchez, Araceli Hernández Bayo, Carolina García Martos, Juan de Juanes Márquez Sevillano, Ana María García Ruíz, Óscar García Suárez, Claudio Rossi, Emilio Mínguez Torres. Proceedings of the 11th International CDIO Conference. Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan, P.R. China, June 8-11, 2015.

No se han realizado otras actividades de difusión mas allá de las relacionadas con la propia asignatura INGENIA SE entre los alumnos, el profesorado del centro y empresas colaboradoras (en nuestro caso Airbus Defence and Space e Indra).

## **5. DIFICULTADES Y SUGERENCIAS DE MEJORA**

### **5.1. Describa las dificultades más relevantes encontradas así como las sugerencias de mejora que considere oportunas. :**

La dificultad principal que nos hemos encontrado es la falta de recursos económicos que limita sobremanera las posibilidades de acometer proyectos de ingeniería de sistemas inteligentes de mayor complejidad. Por ejemplo, en el curso 2014-2015 los alumnos idearon inicialmente un sistema de inspección térmica de edificios que no pudo llevarse a cabo por el coste excesivo del sistema de imagen infrarrojo y del dron necesario para dicha tarea. El sistema implementado finalmente –el guiado en interiores- requería menor inversión.

Ha habido otra dificultad en relación con la organización del curso y la actividad requerida de los alumnos a lo largo del mismo. Las asignaturas INGENIA son anuales, pero el resto de las asignaturas son bimestrales, lo que induce una carga de trabajo a veces excesiva en los alumnos (sobre todo debido a los procesos de evaluación empleados, que exigen mayor dedicación). Esto ha hecho que la actividad de los alumnos en el proyecto haya sido fluctuante, lo que repercute negativamente en el rendimiento individual en un proyecto de ingeniería de sistemas en equipo.

## **6. VALORACION SERVICIOS**

**6.1 Valore de 1 a 10 la atención recibida por el Servicio de IE: 9**

**6.2 Valore de 1 a 10 los servicios y recursos disponibles en el Portal de IE: 8**

