

DISEÑO CONCURRENTENTE DE UNA MISIÓN ESPACIAL COMO RETO EDUCATIVO *UPM CONCURRENT ENGINEERING CHALLENGE*

P. Salgado Sánchez^{1*}, J. M. del Cura¹, A. Laverón-Simavilla¹, J. Rodríguez¹,
J. M. Ezquerro¹, A. Bello¹, K. Olfe¹ y V. Lapuerta^{1*}

1: GIE AEROespacial MATemáticas INnovación
pablo.salgado@upm.es, mariavictoria.lapuerta@upm.es

https://innovacioneducativa.upm.es/informacion_grupo?grupo=180

Resumen. Este proyecto de Innovación Educativa, liderado desde la ETSIAE y desarrollado en colaboración con otras Universidades, ha promovido la organización del *UPM Concurrent Engineering Challenge* (Reto de Diseño Concurrente de la UPM). El proyecto pretende combinar el Aprendizaje Basado en Retos (ABR) y el Diseño Concurrente en el ámbito de la Ingeniería Aeroespacial, en particular, de la Ingeniería de Sistemas y diseño Preliminar de Vehículos Espaciales. Como reto educativo, se propone el diseño preliminar de una misión espacial sujeto a un documento de requisitos. El diseño se realizará a lo largo del curso bajo la supervisión del profesorado, colaborativa y paralelamente con otras Universidades, y utilizando una herramienta de diseño concurrente.

Palabras clave: Aprendizaje Activo, Aprendizaje Basado en Retos, Aprendizaje Cooperativo, Aprendizaje Experiencial, Aprendizaje Orientado a Proyectos, Aprendizaje permanente-Life Long Learning (LLL), Autoaprendizaje-Aprendizaje Autónomo.

1. Introducción

El término Aprendizaje Basado en Retos (ABR) o en inglés: *Challenge Based Learning* (CBL), se atribuye a la empresa Apple, cuando en 2008 llevó a cabo el proyecto *Apple Classrooms of Tomorrow-Today* [1], cuyo elemento clave fue el trabajo en equipo entre estudiantes, profesorado y expertos en el área del ámbito de trabajo. Asimismo, el ABR se relaciona con el Centro de Investigación en Ingeniería (VaNTH ERC) [2] y su implementación, en el año 2000, de una serie de innovaciones en educación que se asentaban fundamentalmente en: (i) un marco de referencia llamado *How People Learn* (HBL, Cómo Aprenden las Personas) [3], y (ii) un diseño instruccional conocido como *Software Technology Action Reflection Legacy Cycle* (STAR, Tecnología de Software para la Acción y Reflexión). A la integración de ambos elementos lo llamaron *Challenge Based Instruction* (Instrucción Basada en Retos).

Pese a las diferencias existentes entre ambas propuestas, éstas comparten la esencia de un reto a resolver, el trabajo en equipo y la publicación de la solución, aspectos clave que definen sustancialmente el ABR como filosofía de aprendizaje. Además, ambos proyectos incluyen el uso de herramientas tecnológicas y otros recursos, necesarios en el propio proceso de resolución; así como la participación de expertos en la materia (profesores y/o profesionales de la industria, según el tipo de reto) durante el proceso.

Por otra parte, en el ámbito de la Ingeniería es posible entender el diseño como recurso o herramienta para el desarrollo de soluciones. Cualquier problema complejo puede ser simplificado a enunciados (más) simples interdependientes, por ejemplo, una misión espacial, y el análisis de misión o el diseño de los distintos subsistemas del vehículo espacial, respectivamente. Dicha interdependencia requiere de herramientas de apoyo en el proceso de diseño que ayuden a identificar, rápida y eficazmente,

posibles incongruencias. En este contexto, el Diseño Concurrente [4] (o Ingeniería Concurrente) surge en 1988 para referirse a la metodología que integra procesos y considera todos los aspectos de la solución de manera conjunta, destacando la importancia de dichas interdependencias entre distintos subdiseños dentro de un diseño completo. El Diseño Concurrente, contrariamente a la metodología tradicional, aborda de forma simultánea todos los subsistemas. Especialistas de cada disciplina colaboran en el proceso de diseño, que se desarrolla en sesiones conjuntas en un mismo espacio. Esto facilita la identificación de dependencias y posibles errores, la comunicación instantánea de estos y, por tanto, permite mejorar el tiempo (y coste) de diseño.

Durante el curso 2018-19, la UPM, y en particular, la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE), fue seleccionada junto a dos Universidades europeas para participar en el Reto de Diseño Concurrente de la *ESA Academy* [5] [*ESA Concurrent Engineering Challenge* (ESA CEC)]. Los alumnos de la asignatura de Ingeniería de Sistemas y Diseño Preliminar de Vehículos Espaciales (ISyDPVE), materia de segundo curso del Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica (MUIA) de la especialidad de Vehículos Espaciales (VE), trabajaron durante una semana de manera intensiva en el diseño de una misión espacial de acuerdo a un documento de requisitos.

La experiencia resultó ser muy enriquecedora tanto para alumnos como para profesores, desde el punto de vista del aprendizaje, motivación, relación profesor-alumno, comunicación en inglés, y desarrollo de competencias transversales. Como respuesta a estos resultados positivos y dado que la participación en ediciones previas del *ESA Concurrent Engineering Challenge* es, en la práctica, excluyente para próximas convocatorias, se ha decidido desarrollar, a través de un proyecto de Innovación Educativa, una iniciativa similar en el presente curso.

Desde la ETSIAE, se ha organizado la primera edición del *UPM Concurrent Engineering Challenge* (Reto de Diseño Concurrente de la UPM), en colaboración con otras Universidades participantes. A través de la ejecución del proyecto, los alumnos tendrán, no sólo que enfrentarse al complejo reto técnico del diseño de una misión espacial en el marco del Diseño Concurrente, sino que, además, tendrán que aplicar sus capacidades de síntesis y comunicativas en inglés y tendrán la oportunidad de conocer a estudiantes de otras Universidades y compartir sus experiencias.

A continuación, se describe brevemente el desarrollo del proyecto, así como la organización y la nueva implementación del reto.

2. Desarrollo del proyecto y Universidades participantes

Durante una primera fase, se propuso la participación en el proyecto a varias Universidades españolas en las que se imparte docencia de Máster en Ingeniería Aeroespacial. Dicha propuesta se materializó en un documento que resumía los objetivos principales del mismo, los requisitos de participación, y las distintas fases del reto.

Dado que el reto se desarrolla a lo largo del primer semestre del curso, ha surgido la dificultad de participación de algunas Universidades, debido a que sus actividades docentes relacionadas con Ingeniería de Sistemas y Diseño Preliminar de Vehículos Espaciales están asignadas a la segunda mitad del curso. Para futuras convocatorias, sin embargo, se pretende encontrar alternativas a la implementación actual que intenten resolver o minimizar en la medida de lo posible dicho conflicto.

Asimismo, organizar la fase de diseño preliminar de subsistemas del vehículo, concentrada a lo largo de cuatro días consecutivos, ha sido otra dificultad notable, necesitando suspender la rutina habitual de clases durante dicho periodo. Esta interferencia con otras asignaturas del plan de estudios ha necesitado una reorganización del semestre y la coordinación con las Unidades Docentes de las asignaturas afectadas en cada Escuela participante.

Como resultado, esta primera edición del *UPM Concurrent Engineering Challenge* cuenta con la participación de las siguientes Escuelas:

- Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE), Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
- Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa (ESEIAAT), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID), Universitat Politècnica de València (UPV).

Para futuras convocatorias, se espera poder facilitar la participación de otras Universidades que han mostrado gran interés pero que, por los problemas expuestos anteriormente, no han podido participar en esta edición.

3. Nueva Implementación del Reto de Diseño Concurrente

Una nueva implementación del proyecto ha dividido el reto en distintas fases, proporcionando una mayor flexibilidad a las Universidades participantes, y ha incluido una nueva fase de formación detallada en el uso de una herramienta de Diseño Concurrente [6], de cara a mejorar y facilitar la tarea del alumno.

A continuación se describen brevemente las distintas fases del reto y su organización semana a semana (incluyendo la carga lectiva en horas):

- a. *(semana 1–2, 6 h) Presentación del Reto y Familiarización con la Herramienta de Diseño Concurrente.*
- b. *(semana 3, 2 h) Kick-off y Publicación del documento de Requisitos de misión.* El documento de Requisitos de Misión, definido colaborativamente entre todas las Universidades participantes, es común para todos los alumnos de las distintas entidades.
- c. *(semana 3–4, 6 h) Análisis de los requisitos de misión e identificación de requisitos de subsistemas.*
- d. *(semana 5–7, 12 h) Análisis de misión.* El análisis de misión se hará de manera autónoma en cada Universidad. Se espera que cada Universidad complete el análisis de misión al fin de esta fase. El profesorado pondrá en común semanalmente el desarrollo de la actividad.
- e. *(semana 8, 24 h) Diseño Concurrente de los subsistemas del vehículo espacial.* Esta fase se desarrollará a lo largo de cuatro días consecutivos de manera intensiva y simultánea en todas las Universidades participantes:
 - (4h) Día 1: presentación del Análisis de misión. Comienzo del diseño.
 - (8h) Día 2: 1ª iteración de subsistemas. Presentación de la 1ª iteración.
 - (8h) Día 3: 2ª iteración de subsistemas. Presentación de la 2ª iteración.
 - (4h) Día 4: iteración final. Presentación de la solución final adoptada.

Se dividirá a los alumnos en grupos de 2-4 estudiantes que serán responsables del diseño de uno (o varios) subsistema(s) del vehículo espacial: Configuración,

Estructura, Propulsión, Mecanismos, Comunicaciones y *Data Handling*, Control de Actitud y Órbita, Sistema de potencia y Sistema de Control Térmico. A nivel subsistema, la toma de decisiones será responsabilidad de los especialistas de dicho subsistema y el equipo de Configuración, que coordinará el diseño.

Para ello, se trabajará en una sala dotada con una herramienta de Diseño Concurrente, otras herramientas necesarias para la realización del diseño y un espacio de trabajo con capacidad para teleconferencias. Al término de cada sesión de diseño (cada día), cada Universidad participante presentará en inglés su estado del diseño y se discutirán las soluciones planteadas a través de una teleconferencia con el resto de Universidades.

A la finalización del reto, los alumnos de todas las Universidades recibirán un diploma de participación.

- f. (*semana 9, 4h*) *Cierre del reto y retroalimentación*. Se pretende concluir con una reunión de retroalimentación. Cada Universidad analizará y evaluará la(s) solución(es) de diseño. Además, se concertará una reunión entre el profesorado para identificar posibles mejoras y lecciones aprendidas.

4. Conclusiones y resultados esperados

Con este proyecto de Innovación Educativa se ha llevado a cabo la organización de la primera edición del *UPM Concurrent Engineering Challenge* (Reto de Diseño Concurrente de la UPM). Desde la ETSIAE, se ha liderado una primera implementación para el curso 2019-20, en colaboración con otras dos Universidades participantes (UPC y UPV).

Dicha implementación divide el Reto en distintas fases a lo largo de curso, incluyendo una familiarización inicial con una herramienta de Diseño Concurrente y la realización del análisis de misión de manera conjunta por todos los alumnos. Posteriormente, el diseño preliminar de subsistemas se concentrará a lo largo de cuatro días consecutivos, donde los alumnos tendrán que exponer sus avances a otras Universidades y analizar de manera crítica el resto de soluciones.

Se espera que la participación brinde a los alumnos no sólo las competencias de enfrentarse al reto técnico del diseño de una misión espacial en el marco del Diseño Concurrente, sino de aplicar sus capacidades de síntesis y comunicativas en inglés. Además, tendrán la oportunidad de conocer a estudiantes de otras Universidades y compartir sus experiencias durante la semana.

Los resultados obtenidos serán analizados mediante la realización de encuestas pre-post en las Universidades participantes para evaluar cómo afectan este tipo de iniciativas a la motivación, competencias transversales de los estudiantes y a la visión que tienen de la asignatura.

Referencias

- [1] Apple (2011). Challenge Based Learning. Take Action and make a difference.
- [2] Cordray, D.S, Harris, T.R y Klein S. "A Research Synthesis of the Effectiveness, Replicability and Generality of the VaNTH Challenge-based Instructional Modules in Bioengineering". *Journal of Engineering Education*, Vol 98 n 4 pp335-348. 2009
- [3] Bransford, J.D, Brown, A.L, y Cocking R.R "How people learn: Brain, mind, experience and school" en National Academy press. Whashington, DC. 2000.
- [4] <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/ingenieria-concurrente/>
- [5] https://www.esa.int/About_Us/Welcome_to_ESA/ESEC
- [6] <https://ocdt.esa.int/>