



Evaluación de la competencia transversal de pensamiento crítico en el contexto de la ingeniería mecánica

J. Giner-Navarro^{1a}, A. Sonseca^{2a}, J. Martínez-Casas^{3a}, J.L. Suñer Martínez^{4a}

juanginer@upv.es ; agsonol@posgrado.upv.es ; jomarc12@mcm.upv.es ; josuner@mcm.upv.es

^aEscuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 València.

Abstract

The international accreditation of the programmes for the masters' and bachelors' degrees offered at our university, together with the demands of the employers, have made it clear that the students' curricula should specify not only what they have studied, but also what they are actually able to do. Although, in the recent years the competence based curricula approach has been used in the development of the new masters' and bachelors' degree programmes within the European Higher Education Area, the assessment of the generic competences is still a pending matter. This work presents an 'outcomes' approach for the assessment of the capacity for critical thinking within subjects related to mechanical engineering. In particular, this paper proposes a methodology in order to quantify the level of achievement and shows one tool developed for that purpose. The tool is based on the evaluation of some learning outcomes that can be observed by asking the students about different issues related to the contents of the course. Conclusions about preliminary results and the difficulties found to create this tool are also described here.

Keywords: *generic competences, critical thinking, assessment, learning outcomes*

Resumen

La acreditación internacional de los programas de Máster y Grado ofrecidos en la Universitat Politècnica de València, junto a las demandas habituales de las empresas en el sector de la ingeniería, han dejado clara la necesidad de especificar en los planes de estudio no sólo las asignaturas que los estudiantes han cursado, sino también sus habilidades y capacidades específicas. Si bien en los últimos años se ha actualizado el enfoque hacia un currículum basado en competencias en el desarrollo de los nuevos programas de Máster y Grado

dentro del Espacio Europeo de Educación Superior, la evaluación de las competencias transversales sigue siendo un tema pendiente. Este artículo presenta la experiencia desarrollada en la evaluación de la competencia de pensamiento crítico en la asignatura de Mecánica en el Grado Aeroespacial. En particular, este documento propone una metodología para cuantificar el nivel de competencia al margen de las notas de teoría y práctica de la asignatura. La herramienta se basa en la evaluación de algunos resultados de aprendizaje que se pueden observar al preguntar a los alumnos sobre diferentes temas relacionados con los contenidos del curso. Las conclusiones sobre los resultados preliminares y las dificultades encontradas en el diseño de la herramienta de evaluación también se describen aquí.

Palabras clave: *competencias transversales, pensamiento crítico, evaluación, resultados de aprendizaje.*

1. Introducción

Dentro del Espacio Europeo de Educación Superior, se está haciendo un gran esfuerzo para reorientar el proceso de aprendizaje hacia las competencias transversales, cuya importancia en los planes de estudio de los estudiantes está fuera de toda discusión. La mayoría de los marcos de educación superior en el mundo incluyen competencias transversales en sus programas (Young y Chapman, 2010; Sursock y Smidt, 2010). Se reconoce que estas habilidades son críticas para la inserción de los estudiantes al mundo laboral, de modo que puedan contribuir a la prosperidad social y al tiempo mejorar sus posibilidades económicas individuales (Rieckmann, 2012; Kelly, 2001). Permiten evaluar las habilidades técnicas, profesionales y de trabajo en equipo más allá de las asignaturas del programa de estudio, lo que se valora especialmente las empresas para evaluar la idoneidad de sus candidatos (Agten, 2007). Además, estas competencias transversales también son de gran interés para que las universidades promuevan la movilidad de los estudiantes sobre la base de criterios y metodologías de evaluación comparables (Andrews y Higson, 2008). Estas metodologías de evaluación, a pesar de todo, sigue siendo un tema en investigación (Zlatkin-Troitschanskaia, Shavelson y Kuhn, 2015).

Por lo tanto, como parte de este marco educativo europeo, la Universitat Politècnica de València (UPV) ha desarrollado programas especiales para definir claramente las competencias específicas y transversales para cada uno de sus títulos de Máster y Grado, así como para las asignaturas que los conforman (UPV, 2014). En este sentido, el uso de metodologías activas orientadas al aprendizaje se está introduciendo en nuevos programas en contraste con el método de enseñanza basado en lecciones magistrales en el que se ha sustentado tradicionalmente el sistema universitario. De esta manera, se favorece el desarrollo de las competencias mediante actividades de evaluación en las que los estudiantes han de emplear sus habilidades específicas relacionadas con la asignatura.

Con estos antecedentes, es evidente la necesidad de adaptar las metodologías de evaluación de competencias en función de la disciplina académica en la que se aplicarán. La UPV ha definido 13 competencias transversales clave (UPV, 2014) que integran diferentes competencias instrumentales e interpersonales, utilizando la convención de nombres del proyecto Tuning (Tuning Project, 2014). Para este trabajo se ha implementado una metodología desarrollada para la evaluación de la competencia transversal CT9: "Pensamiento crítico". Es una competencia difícil de definir, cuya denominación puede variar desde "Capacidad autocrítica" (Palma, de los Ríos y Miñán, 2011) a "Razonamiento crítico" (ABET Engineering Accreditation Commission, 2009; Edwards, Sánchez y Sánchez, 2009). Esta competencia se probó en una asignatura de Mecánica del 2º año de Grado en Ingeniería Aeroespacial.

Para facilitar la evaluación de las competencias transversales, nuestra universidad ha establecido tres niveles diferentes de desarrollo para cada competencia, desde el 1º y 2º año de Grado (Nivel 1), 3º y 4º año (Nivel 2) hasta Máster (Nivel 3). La complejidad de los resultados de aprendizaje asociados a estas competencias aumenta con estos niveles (UPV, 2014). Para el Nivel 1, que corresponde a nuestro caso, el principal resultado de aprendizaje que define la competencia de pensamiento crítico se expresa como: "*Muestra de una actitud crítica hacia la realidad, pudiendo analizar y cuestionar información, resultados, conclusiones y otros puntos de vista*". Los indicadores correspondientes son: I1) Mostrar una actitud crítica hacia la realidad: preguntarse el porqué de las cosas; I2) Profundizar un tema con lógica e imparcialidad, contrastando información en fuentes confiables; I3) Diferenciar los hechos de las opiniones, interpretaciones o evaluaciones; I4) Prever las consecuencias (implicaciones prácticas) de las decisiones.

Esta competencia está conectada con la capacidad de aplicar procesos lógicos y racionales para analizar las distintas partes de un problema y pensar creativamente para generar soluciones innovadoras. De acuerdo con la definición adoptada en el proyecto institucional de la UPV, se trata de desarrollar un pensamiento crítico interesado en los fundamentos en los que se basan las ideas, acciones y juicios, tanto propios como ajenos. El pensamiento crítico va más allá de las habilidades del análisis lógico, ya que implica cuestionar los supuestos subyacentes en nuestras formas habituales de pensar y actuar y, en base a ese cuestionamiento crítico, estar preparado para pensar y actuar de manera diferente. El pensamiento crítico es el pensamiento de las preguntas: ¿por qué las cosas son así?, ¿por qué las cosas no pueden ser de otra manera?, ¿por qué crees que son así?... En consecuencia, diremos que el estudiante la ha desarrollado en la medida en que se pregunta a sí misma sobre las cosas y está interesada en los fundamentos de las ideas, acciones, evaluaciones y juicios.

2. Metodología

En línea con la situación descrita anteriormente, los autores consideraron que las sesiones de prácticas informáticas eran un buen escenario para evaluar la competencia en estudio. A lo largo de estas sesiones, los estudiantes aprendieron a usar ADAMS/View©, un software de

simulación dinámica para el diseño e implementación de mecanismos, así como para el análisis de sus dinámicas y tensiones.

Para la evaluación de las competencias mencionadas en este contexto, se propuso realizar un cuestionario con preguntas abiertas. Estas preguntas están diseñadas para estimular el pensamiento crítico, tratando de alentar al estudiante a hacer juicios de valor y sacar sus propias conclusiones respecto al del software utilizado en las sesiones de prácticas. Se pretende promover la originalidad de las respuestas más allá del conocimiento técnico adquirido, planteando nuevos casos para que valoren las ventajas y desventajas de implementarlos en el software dinámico. Los estudiantes tuvieron 15 minutos para completar el cuestionario, suficiente para responder con calma a cada una de las preguntas. El cuestionario fue entregado en la última sesión, siguiendo el formato de la Tabla 1:

Tabla 1. Herramienta de evaluación: cuestionario abierto

1. <i>“As the world’s most famous and widely used Multibody Dynamics (MBD) software, ADAMS improves engineering efficiency and reduces product development costs by enabling early system-level design validation. Engineers can evaluate and manage the complex interactions between disciplines including motion, structures, actuation, and controls to better optimize product designs for performance, safety, and comfort. Along with extensive analysis capabilities, ADAMS is optimised for large-scale problems, taking advantage of high performance computing environments.”</i> ¿Con qué afirmaciones del texto coincides más y con cuáles discrepas? Argumenta tus motivos.
2. Explica cuáles son, en tu opinión, las ventajas e inconvenientes de emplear ADAMS/View© para resolver un problema de tiro parabólico con rozamiento del aire.
3. ¿Qué parámetros consideras más importantes para llevar a cabo un análisis dinámico correcto? ¿Por qué?
4. ¿Cuáles son, desde tu punto de vista, los factores que pueden hacer que los resultados numéricos se alejen de las medidas reales?

Una vez descrita la actividad y la herramienta de evaluación, se detalla la metodología seguida para determinar el nivel de logro de la competencia. El diseño de los 4 ítems anteriores se ha basado en los resultados de aprendizaje proporcionados por la Tabla 1, como se justifica a continuación.

Ítem 1. La primera pregunta requiere evaluar un texto promocional del software, requiriendo que se justifique con qué afirmaciones se está o no de acuerdo en relación a su experiencia.

Este ítem implica cuestionar los supuestos subyacentes y pide a los estudiantes que diferencien entre hechos objetivos e interpretaciones.

Ítem 2. La segunda plantea el problema del tiro parabólico considerando la fricción del aire, un problema resuelto analíticamente en las sesiones teóricas. Permite evaluar el proceso de resolución de problemas para un problema con múltiples soluciones, lo que requiere la justificación de la metodología utilizada.

Ítem 3. En la tercera pregunta, se les pide a los estudiantes que elijan los parámetros clave para resolver casos dinámicos, especialmente aquéllos que consideran cruciales para el análisis.

Ítem 4. La última se centra en las causas de las divergencias entre los resultados numéricos y las mediciones reales, alentando a los estudiantes a tomar una perspectiva crítica respecto a las hipótesis consideradas durante el proceso de modelado.

Cada ítem puntúa del 0 a 10, promediándolos con el mismo peso para obtener la calificación total del cuestionario, con una puntuación máxima de 10 puntos.

3. Resultados

Ítem 1. La pregunta ha generado respuestas que cuestionan la facilidad del uso y la flexibilidad del software en algunas circunstancias específicas. Se ha valorado positivamente aquellas respuestas que cuestionan su rendimiento para problemas a gran escala, ya que no tienen experiencia abordando este tipo de problemas en las sesiones de prácticas.

Ítem 2. Algunos estudiantes muestran sus reservas al respecto de si, para un estudio preliminar, el tiempo invertido en el modelado con el software es rentable, pudiendo resolver el problema analíticamente. Por otro lado, algunas de las respuestas consideran que el modelado de la fricción con el aire no es simple y escapa a sus conocimientos adquiridos. La pregunta abrió un debate sobre la forma más óptima de abordar un problema en el que las fuerzas aerodinámicas condicionan completamente la trayectoria del cuerpo en estudio.

Ítem 3. Aunque el rigor y adecuación de las respuestas se han tenido en cuenta, los autores consideran que esta pregunta no ha logrado poner el foco en la competencia en estudio. Casi todos los estudiantes se limitan a enumerar los parámetros que son útiles respecto a las entidades requeridas por el software más allá de un criterio que justifique su importancia. Por tanto, no se han encontrado muchas respuestas que impliquen ningún tipo de valoración o criterio diferencial. Para los próximos cursos, se reconsiderará este ítem.

Ítem 4. La última pregunta ha generado una mayor diversidad en las respuestas en comparación con las anteriores al evaluar los factores que pueden causar divergencias entre los resultados numéricos y las mediciones reales. Aunque algunos estudiantes se han centrado en la precisión numérica del software en la integración temporal, la mayoría ha considerado que la disipación de energía real es difícil de ajustar a los modelos implementables mediante software, entendiendo que los resultados serán una aproximación al comportamiento real del

sistema modelado. Hubo una notable variedad de respuestas a este respecto, con argumentos sobre la mesa de mucho interés. La Fig. 1 recopila el promedio obtenido para cada ítem, obteniendo un 6.74 de promedio global como se indica a continuación en la Tabla 2. Este valor está más cerca de las notas de teoría y global que el indicador por observación, que se ajusta mejor al promedio de la nota de prácticas.

Tabla 2. Valores promedio y desviación deglosados

	Cuestionario	Prácticas	Teoría	Global
<i>Promedio</i>	6.74	7.67	4.76	5.56
<i>Desviación</i>	1.59	1.66	2.11	1.82

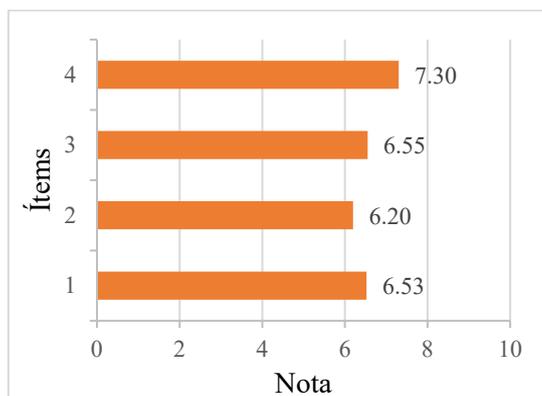


Figura 1 Puntuaciones medias de los diferentes ítems del cuestionario

Los resultados del cuestionario han sido analizados y comparados con las calificaciones de prácticas y teoría (examen) de 116 estudiantes matriculados en la asignatura. Se observa que una puntuación alta en el cuestionario es indicativo de un buen desempeño en las sesiones prácticas y el examen, como se muestra en las tendencias mostradas por la Fig. 2. La correlación es más clara entre el cuestionario y el examen de teoría como evidencia el escaso 27% de estudiantes fuera del rango de 2 puntos trazado en la Fig. 2(b), que es inferior al 35% obtenido para la nota de prácticas (Fig. 2(a)). Esta correlación satisfactoria con las notas de teoría permite deducir que el pensamiento crítico es una habilidad importante para abordar la asignatura, aunque no es la única, ya que requiere de un proceso lento y estructurado de adquisición e interiorización de conceptos complejos introducidos en las clases de teoría. Otras competencias transversales como pueden ser las de "Comprensión e integración", "Aplicación y pensamiento práctico" y "Análisis y resolución de problemas" desempeñan un papel fundamental para preparar la asignatura y adquirir las habilidades requeridas en el examen teórico, en el que se plantean problemas dinámicos con una fuerte carga matemática.

Así pues, consideramos que en este tipo de problemas el pensamiento práctico es más importante que el crítico, a pesar de la correlación significativa observada con la competencia de pensamiento crítico.

Es interesante señalar ciertos resultados anómalos recogidos en la Fig. 2(b), en los cuales las notas más altas en el examen teórico tuvieron resultados deficientes en el cuestionario (inferior a 5), y algunos estudiantes con más de 7.5 en el cuestionario obtuvieron menos de 2 puntos en el examen.

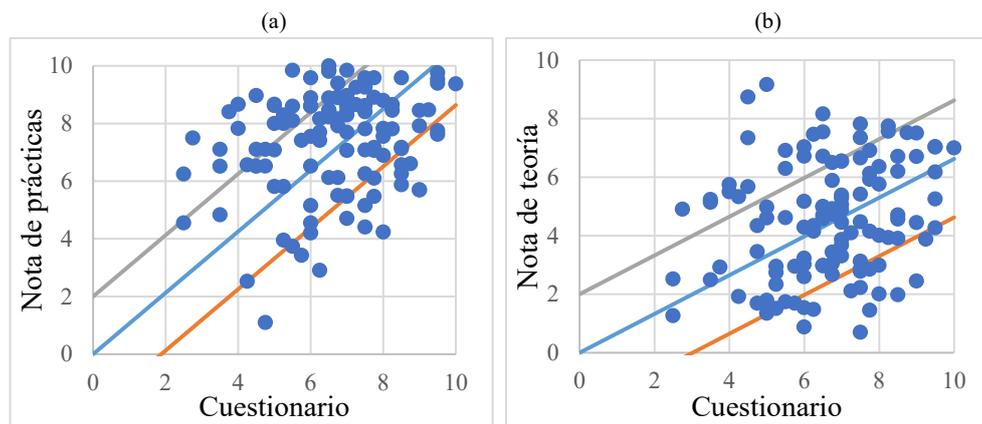


Figura 2 Comparación entre la herramienta de evaluación del cuestionario de 4 elementos y: (a) prácticas, (b) teoría

4. Conclusiones

Se ha definido una metodología para llevar a cabo la evaluación de la competencia de pensamiento crítico entre estudiantes de grado en la asignatura de Mecánica. La naturaleza matemática y procedimental de la asignatura lleva a deducir que las competencias que afectan el pensamiento práctico y el análisis y la resolución de problemas pueden ser más apropiadas para establecer una correlación con las calificaciones de los estudiantes. De ahí la necesidad de un diseño apropiado de la herramienta de evaluación para la evaluación específica de la competencia en estudio, de la manera más aislada posible, sin considerar ninguna extrapolación directa con las notas de las prácticas o del examen teórico.

Se propone un cuestionario de 4 ítems como herramienta de evaluación en el que el estudiante debe ir más allá de las habilidades técnicas adquiridas durante las sesiones de prácticas y cuestionarse los supuestos subyacentes, dando respuestas críticas basadas en su propia experiencia con el software empleado. Este cuestionario ha sido diseñado para cubrir los resultados de aprendizaje a través de los indicadores y descriptores de la rúbrica desarrollada por la UPV, con una puntuación de 0 a 10 puntos.

Estos resultados muestran una cierta correlación (mayor de la esperada) entre la competencia y las notas de teoría y de prácticas, lo que indica que el pensamiento crítico desempeña un

papel significativo en las habilidades que los estudiantes necesitan para superar la asignatura. Sin embargo, la tendencia encontrada no es suficiente para inferir a partir de dichas notas el grado de desempeño en pensamiento crítico, concluyendo que se necesitan metodologías específicas cuidadosamente diseñadas para evaluar esta competencia transversal.

Agradecimientos

Los autores reconocen la contribución financiera de la Universitat Politècnica de València a través del proyecto PIME/2018/DPTO. IMM.

Referencias

- ABET Engineering Accreditation Commission. (2009). *Criteria for Accrediting Engineering Programs. Effective for evaluations during the 2010-2011 accreditation cycle*. Recuperado de <https://www.abet.org/wp-content/uploads/2015/04/criteria-eac-2010-2011.pdf>
- Agten, J. (2007). *Bologna as a frame for Competence Based Learning and Supervision? Katholieke Hogeschool Kempen*. Recuperado el 29 de septiembre de 2015 de <http://www.eassw.org>
- Andrews, J. y Higson, H. (2008). Graduate employability, 'Soft skills' versus 'Hard' business knowledge: A European study. *Higher Education in Europe*, 33, 411-422.
- Edwards, M., Sánchez-Ruiz, L.M. and Sánchez-Díaz, C. (2009). Achieving Competence-Based Curriculum In Engineering Education In Spain. *Proceedings of the IEEE*, 97, 1727-1736.
- Kelly, A. (2001). The evolution of key skills: towards a tawney paradigm. *Journal of Vocational Education & Training*, 53(1), 21-36. doi: 10.1080/13636820100200149
- Palma, M., de los Ríos, I. y Miñán, E. (2011). Generic competences in engineering field: a comparative study between Latin America and European Union. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 576-585.
- Rieckmann, M., (2012). Future-oriented higher education: Which key competencies should be fostered through university teaching and learning?. *Futures*, 44, 127-135.
- Sursock, A., y Smidt, H. (2010). *Trends 2010: A decade of change in European higher education*. Bruselas, Bélgica: European University Association.
- Tuning Project. (2014). *Tuning General Brochure*. Recuperado el 22 de julio de 2014 de <http://www.unideusto.org/tuningeu/documents.html>
- UPV, Universitat Politècnica de València. (2014). *Competencias Transversales*. Recuperado de <http://www.upv.es/contenidos/COMPTRAN/>
- Young, J., y Chapman E. (2010). Generic competency frameworks: A brief historical overview. *Education Research and Perspectives*, 37(1), 1-24.
- Zlatkin-Troitschanskaia, O., Shavelson, R.J., y Kuhn C. (2015). The international state of research on measurement of competency in higher education. *Studies in Higher Education*, 40(3), 393-411. doi: 10.1080/03075079.2015.1004241.