



Evaluación de las habilidades instrumentales y la capacidad para utilizar las técnicas y herramientas prácticas 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

Over the last few years there is a high interest in developing new curricular programmes of the European Higher Education Area that adapt their masters' and bachelors' degrees to the demands of the employers. The international accreditation of these programmes is not limited to the evaluation of the subjects within the degrees, it also scores the generic and specific competences that will be achieved by the students. Nevertheless, the methodologies for the assessment of these competences are still a pending task that requires more learning experience. In order to contribute to the progress of this topic, this work presents an 'outcomes' approach for the assessment of the students' ability to use the techniques, skills and tools for engineering related practical issues within mechanical engineering subjects. In particular, this paper designs individual questionnaires for IT and laboratory practices in order to quantify the domain level of the students in the usage of a commercial software and in the comprehension of technical and instrumental concepts. Some results regarding a first attempt to use this tool are also analysed in this paper. Finally, some conclusions are derived from these experiences in order to improve our proposal in the future.

Keywords: generic competences, instrumental skills, assessment, learning outcomes

Resumen

En los últimos años, existe un gran interés en desarrollar nuevos programas curriculares en el marco del Área de Educación Superior Europea que adapten los títulos de Máster y Grado a las demandas del sector profesional. La

acreditación internacional de estos programas puntúa las competencias genéricas y específicas para evaluar las capacidades y habilidades los estudiantes que se incorporarán al mercado de trabajo en lugar de limitarse a listar las asignaturas cursadas. Sin embargo, las metodologías para la evaluación de estas competencias siguen siendo un tema pendiente que requiere más experiencia de aprendizaje. Con el fin de realizar una contribución a este respecto, el presente artículo presenta un enfoque de resultados para la evaluación de la capacidad para utilizar las técnicas, habilidades y herramientas aplicados a problemas de ingeniería, en particular, relacionados con la ingeniería mecánica. Este documento plantea la elaboración de cuestionarios individuales para cuantificar el nivel de dominio en el uso de un software comercial y en la comprensión de conceptos técnicos e instrumentales introducidos en las sesiones de prácticas. Se recogerán algunas conclusiones a partir de los resultados obtenidos con vistas a optimizar nuestra propuesta en futuros cursos.

Palabras clave: *competencias transversales, instrumental específica, evaluación, resultados de aprendizaje.*

1. Introducción

El enfoque basado en la evaluación de competencias transversales (Surssock y Smidt, 2010; Murias, de Miguel y Rodríguez, 2007) es el que mayor seguimiento está teniendo en los últimos años en las universidades del Espacio Europeo de Educación Superior. Se reconoce que dichas competencias son críticas para el desarrollo profesional de los estudiantes y para su contribución a la prosperidad social como objetivo general (Rieckmann, 2012). De ahí el esfuerzo que están desarrollando las instituciones académicas para lograr la acreditación internacional de sus programas de estudio basados en competencias. A este respecto, la Universitat Politècnica de València (UPV) ha definido 13 competencias genéricas en el desarrollo de sus títulos de Grado y Máster (UPV, 2014). Estas competencias son de gran interés para que las empresas que busquen contratar tengan mejor información de sus candidatos no sólo sobre las asignaturas cursadas en sus titulaciones, sino también al respecto de sus capacidades (Agten, 2007). Al mismo tiempo, las universidades pueden aprovechar esta información para promover la movilidad de los estudiantes en base a criterios de evaluación comparables (Entwistle y Peterson, 2004). Sin embargo, la evaluación de las competencias genéricas sigue siendo un tema en investigación. Se acepta ampliamente que el método de enseñanza basado en conferencias no se ajusta al desarrollo de las habilidades individuales, por lo que se requiere un cambio en las prácticas pedagógicas actuales.

A este respecto, la UPV ha promovido en los últimos años proyectos innovadores para la evaluación de competencias (programa PIME). En el marco de uno de estos proyectos, el presente artículo presenta algunos resultados preliminares obtenidos de la experiencia de aprendizaje. En opinión de los autores, el uso de metodologías activas orientadas al aprendizaje es esencial para motivar a los estudiantes a poner en práctica sus habilidades por medio

de actividades que permiten una evaluación directa de las competencias requeridas. En esta línea, se pretende desarrollar estrategias y herramientas para la evaluación de una competencia genérica que no se ha trabajado anteriormente en temas de ingeniería mecánica: la "instrumental específica". Ésta es su denominación en la UPV; no hay conversión directa a la lista de competencias genéricas de los proyectos Tuning (Tuning Project, 2007 y 2014) o ABET (ABET Engineering Accreditation Commission, 2003 y 2009), pero sus características encajan mejor con las de "habilidades tecnológicas" o "habilidades técnicas". Esta competencia se refiere al uso de herramientas y tecnologías necesarias para la práctica profesional asociada a la ingeniería mecánica. El alumno podrá identificar las herramientas más adecuadas en cada caso, conocer sus utilidades y poder integrarlas y combinarlas para resolver problemas, llevar a cabo proyectos o experimentos.

Para facilitar la evaluación de las competencias genéricas, nuestra universidad ha establecido tres niveles diferentes de desarrollo para cada competencia, desde el 1^{er} y 2^o año de licenciatura (Nivel 1), el 3^{er} y 4^o año (Nivel 2), hasta Máster (Nivel 3). La complejidad de los resultados de aprendizaje asociados a estas competencias aumenta con cada nivel (UPV, 2014). En el presente caso de estudio, se analizan los resultados de estudiantes de dos asignaturas del 1^{er} curso de dos Masters diferentes, por lo que se corresponden con el Nivel 3.

Las dos asignaturas evaluadas se refieren a conceptos mecánicos, por lo que sus informes de prácticas están esencialmente relacionados con la competencia instrumental específica. El objetivo principal del artículo es estudiar si esta competencia puede evaluarse directamente a través de las notas correspondientes a la parte práctica de la asignatura o si éstas no proporcionan información separada y específica respecto a sus habilidades asociadas. Para ello, se ha propuesto y diseñado una herramienta sistemática basada en un cuestionario tipo lista de verificación que también incluye preguntas abiertas como herramienta de evaluación. Los diferentes ítems tienen la intención de evaluar los conceptos técnicos adquiridos durante las prácticas de ingeniería, que se dividen en prácticas de informática (usando software especializado) y laboratorio instrumental.

2. Metodología

La herramienta de evaluación propuesta en este artículo ha sido testeada en dos asignaturas de corte técnico. La primera es Ampliación de Vibraciones, correspondiente al primer curso del Máster en Ingeniería Aeronáutica; la segunda es Diseño de Máquinas, integrado en el 1^{er} año del Máster en Ingeniería Mecatrónica. Ambas, por tanto, pertenecen al Nivel 3, cuyo principal resultado de aprendizaje se expresa como: «*Integrar correctamente las herramientas avanzadas del campo profesional*».

Este nivel de dominio establece tres indicadores diferentes: I1) Identificación de herramientas avanzadas y su utilidad; I2) Manejo de estas herramientas; I3) Selección y combinación de las herramientas adecuadas para llevar a cabo un proyecto profesional o de investigación. Cada uno de estos resultados de aprendizaje se divide en cuatro niveles de logros: D) No alcanzado, C) En desarrollo, B) Bueno/adecuado y A) Excelente/ejemplar. Los intervalos numéricos respectivos son: 0–2.5, 2.6–5.0, 5.1–7.5, 7.6–10. Por consiguiente, dependiendo de las habilidades reflejadas en la calificación total obtenida del cuestionario, el estudiante alcanzará un nivel de competencia u otro. El I2 se evalúa directamente a partir de la nota de prácticas; los I1 e I3 lo hacen a partir de un conjunto de preguntas específicas en forma de dos cuestionarios tipo lista de verificación.

2.1 Prácticas de informática

Las sesiones de prácticas de Ampliación de Vibraciones (Máster en Ingeniería Aeronáutica) se evalúan a partir de un informe que los estudiantes deben entregar en el plazo de una semana. Se les pide que analicen los resultados y los gráficos obtenidos con el software numérico Matlab© durante la sesión. La metodología de resolución está muy orientada en la memoria de la práctica, por lo que el factor diferencial en la puntuación viene determinado por la justificación de los resultados obtenidos en relación al marco teórico de la asignatura.

El primer cuestionario propone un conjunto de preguntas que se centran en las potencialidades del software. Las cuestiones se orientan principalmente hacia metodologías para abordar la resolución de problemas generales o específicos que se presentaron anteriormente en clase. Existen diferentes problemas de ingeniería en los que el estudiante debe seleccionar el software más conveniente para abordarlos de manera eficiente. A través de estas cuestiones, se intenta detectar en qué medida el estudiante conoce las limitaciones del software y su idoneidad para abordar los casos planteados. También se pregunta por el procedimiento de resolución de algunos problemas particulares utilizando diferentes módulos disponibles en el software. Por tanto, esta primera parte del cuestionario permite evaluar los indicadores I1 e I3.

2.2 Prácticas de laboratorio instrumental

Las sesiones de práctica de Diseño de Máquinas (Máster en Ingeniería Mecatrónica) se evalúan a partir de un informe que los alumnos deben completar dentro de la sesión. El informe requiere cálculos simples para estimar las fuerzas y los pares a partir de mediciones sobre diferentes componentes automotrices. Estas estimaciones se realizan en grupos, por lo que no se establecen diferencias significativas entre los estudiantes.

El segundo cuestionario pretende detectar el grado de destreza y comprensión sobre la operatividad del equipo utilizado en la parte técnica de las sesiones. Las cuestiones están diseñadas para evaluar el conocimiento previo del estudiante y los nuevos conceptos adquiridos a través del manejo práctico de una caja de cambios. Adicionalmente, se incluyen dos preguntas de respuesta abierta. En ellas, se pide un diagrama cinemático de la caja de cambios

de dos ejes y se le recomienda proponer nuevos enfoques para hacer que las prácticas de laboratorio sean más completas e interesantes para los alumnos. Esta parte del cuestionario conduce a la evaluación de los indicadores I2 e I3.

3. Resultados

3.1 Prácticas de informática

Como se observa en Fig. 1(a), las notas obtenidas en las prácticas, correspondientes al indicador 2, son muy altas en casi todos los casos (83% por encima de 9). Estos resultados pueden explicarse atendiendo al plazo de una semana para la entrega del informe, tiempo suficiente para buscar información, contrastar y justificar los resultados obtenidos con el software. Los resultados se vuelven más variables para el indicador 3, que requiere de la selección y combinación de herramientas adecuadas para resolver problemas de ingeniería, una tarea más compleja que establece diferencias en el dominio de las habilidades técnicas. La Fig. 1(b) muestra que sólo el indicador 3 obtiene una B en promedio, mientras que el resto se califica con A, en concordancia con su mayor nivel de exigencia.

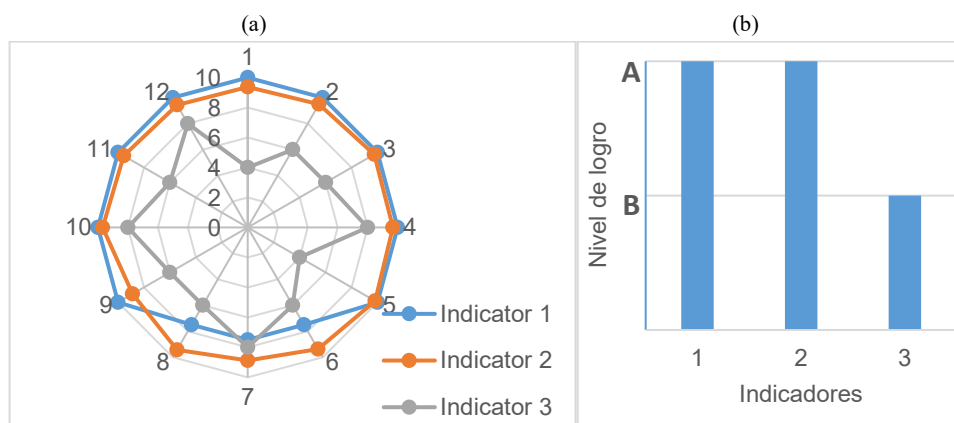


Figura 1 Nivel de logro: (a) por evidencia, (b) promedio por indicador

La Fig. 2(a) permiten observar una tendencia considerable entre la evaluación de competencia y la nota de prácticas. La puntuación de la competencia transversal disminuye con las notas de prácticas más bajas y aumenta con las más altas. Esto indica que las notas de prácticas son, hasta cierto punto, una indicación indirecta de las habilidades que corresponden a la competencia genérica en estudio. Por su parte, la Fig. 2(b) muestra una ligera tendencia a obtener mejores puntuaciones en el cuestionario y en las prácticas cuando se consiguen mejores calificaciones en el examen teórico, aunque no existe una correlación clara. El plazo de una semana para la entrega de los informes de práctica tiene mucho que ver con estas discrepancias, junto a una mayor complejidad de los conceptos teóricos requeridos. Al evitar estas diferencias, no se observa una correlación entre la competencia y la teoría, por lo que se

deduce que los resultados del examen no pueden ser un indicador para la evaluación de la competencia instrumental específica.

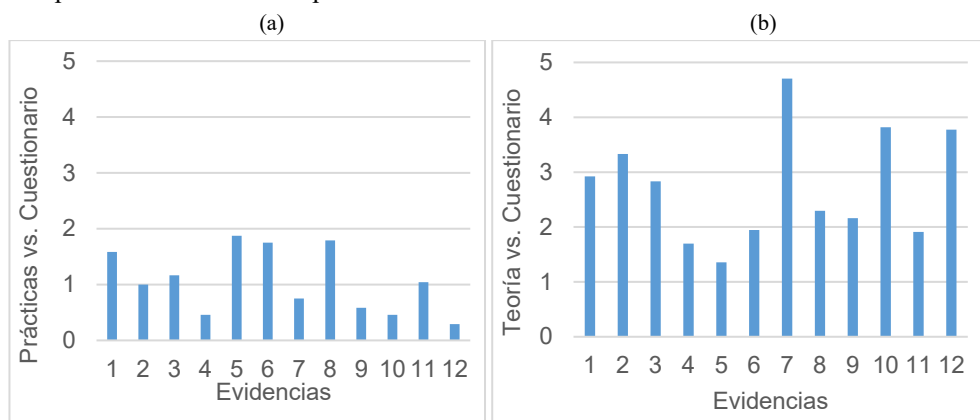


Figura 2 Diferencia entre ambas notas por evidencia entre cuestionario y (a) prácticas y (b) teoría

3.2 Prácticas de laboratorio instrumental

Como se observa en la Fig. 3, el indicador 3, que nuevamente está relacionado con la selección y combinación de las herramientas aprendidas durante las sesiones de laboratorio instrumental, obtiene notas inferiores, bajando a un nivel de logro B en promedio (Fig. 3(b)). El origen de esta caída en el indicador 3 se debe a la inclusión de las dos últimas preguntas de respuesta abierta, lo que sugiere que el diseño del cuestionario muestra una coherencia con el nivel de exigencia adoptado para cada indicador.

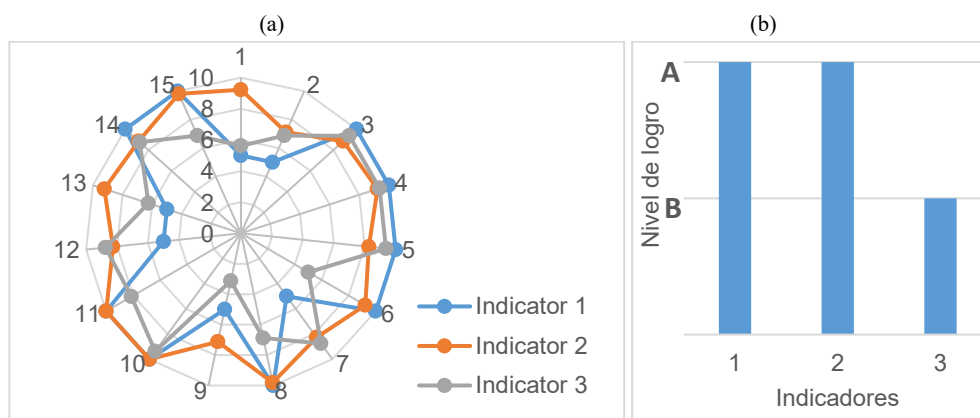


Figura 3 Nivel de logro: (a) por evidencia, (b) promedio por indicador

Como se observa en las Figs. 4, la mayoría de las evidencias están en el rango de los 2 puntos, pero no se puede establecer una correlación en la evolución de las notas por evidencia. Esto refuerza la tesis de la necesidad de diseñar una herramienta de evaluación independiente para la competencia genérica en estudio, ya que no se puede inferir a partir de las notas anteriores.

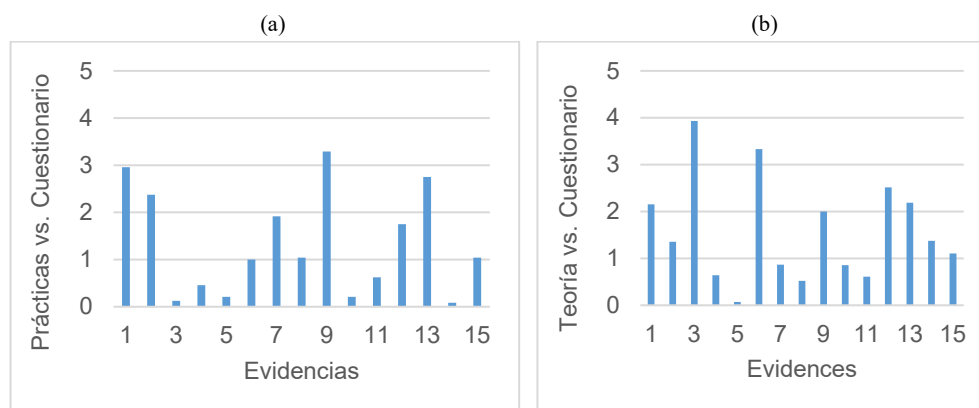


Figura 4 Comparación por evidencia entre cuestionario y: (a) notas de prácticas, (b) notas de teoría

4. Conclusiones

Este artículo propone una metodología para evaluar la competencia genérica relacionada con las habilidades técnicas y tecnológicas, denominada instrumental específica según la lista de competencias genéricas desarrollada por la Universidad Politécnica de Valencia. Dicha evaluación se ha llevado a cabo para dos asignaturas de 1^{er} año de Máster (Nivel 3). La metodología propuesta se basa en cuestionarios de lista de verificación que incluyen preguntas abiertas. Con ello, se pretende detectar el grado de identificación, utilidad y adecuación de las herramientas avanzadas (software e instrumental específico) por parte de los estudiantes, evaluando su desempeño con estas herramientas y el criterio para seleccionarlas de manera eficiente con el fin de resolver problemas de ingeniería.

Se han diseñado dos cuestionarios. El primero aborda las prácticas informáticas a través de preguntas sobre las potencialidades del software empleado y su adecuación a problemas concretos de ingeniería frente a otros softwares especializados. El segundo evalúa las sesiones de laboratorio instrumental y sus preguntas abarcan conceptos técnicos acerca del reductor de velocidad y la caja de cambios. Ambos cuestionarios han sido diseñados para cubrir los resultados de aprendizaje a través de los indicadores y descriptores de la rúbrica desarrollada por la UPV. Los autores consideraron que la nota de prácticas es la forma más adecuada de evaluar el indicador 2 (manejo de herramientas avanzadas).

Los resultados muestran que existe una cierta correlación entre la competencia en estudio y la superación de la asignatura. Las habilidades técnicas adquiridas durante las sesiones de prácticas se muestran de gran interés para preparar los exámenes de acuerdo con la tendencia significativa observada entre la competencia y las notas de teoría y globales. Sin embargo, la correlación observada no es lo suficientemente fuerte como para asignar a la competencia directamente la nota de la asignatura, concluyendo que se requiere una herramienta de evaluación independiente para valorar la competencia instrumental específica.

Las preguntas abiertas han brindado información más específica sobre las habilidades técnicas adquiridas por los estudiantes que la lista de verificación, lo que ha llevado a un replanteamiento del diseño del cuestionario para los próximos cursos. Así pues, el cuestionario propuesto se muestra como una metodología interesante y apropiada para la evaluación de 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. (2003). *Criteria for Accrediting Engineering Programs*. Recuperado de http://www.abet.org/criteria_eac.html
- 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.
- Entwistle, N.J. y Peterson, E.R. (2004). Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influences of learning environments. *International Journal of Educational Research*, 41, 407-428.
- Murias, P., de Miguel, J.C. y Rodríguez, D. (2007). A composite indicator for university quality assesment: The case of Spanish higher education system. *Social Indicators research*, 89, 129-146.
- 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. (2007). *Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. Informe Final-Proyecto Tuning-América Latina*. Recuperado el 22 de julio de 2014 de <http://tuning.unideusto.org/tuningal>.
- 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/>