

Formación en competencias de Liderazgo en el ámbito de la Sostenibilidad para los estudiantes de Ingeniería Industrial

Sustainability Leadership Skills Training for Industrial Engineering Students

Francisco Cordovilla, Mohammed Naffakh*
francisco.cordova.baro@upm.es, mohammed.naffakh@upm.es

Departamento de Física Aplicada e Ingeniería de Materiales
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid
Madrid (ETSII-UPM), España

Resumen- La titulación de Ingeniería Industrial se caracteriza por una enorme diversidad en sus salidas profesionales, que abarcan desde la gestión hasta la investigación científica fundamental. La búsqueda de denominadores comunes constituye un reto para los formadores. Se identifican las competencias del liderazgo y sostenibilidad como competencias universalmente necesarias en la profesión del Ingeniero Industrial. Para la adquisición de dichas competencias se plantea la realización de una experiencia práctica, en el contexto de la asignatura Tecnología de Materiales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), obligatoria en el cuarto curso, en la que los/las alumnos/as deben organizarse en grandes grupos de trabajo con una estructura de carácter jerárquico para afrontar un reto de diseño en el contexto de las tecnologías avanzadas de fabricación. El seguimiento de la experiencia práctica los docentes, mediante la corrección de entregables convencionales y mediante la realización de un cuestionario ha permitido avalar el interés de la metodología propuesta (Proyecto Innovación Educativa UPM 2023: IE23.0502*).

Palabras clave: *Ingeniería Industrial, Trabajo en Equipo, Liderazgo, Sostenibilidad, Materiales, Tecnologías de Fabricación*

Abstract- The Industrial Engineering degree is characterized by a vast array of professional opportunities, ranging from management to fundamental scientific research. Finding common denominators poses a challenge for educators. Competencies in leadership and sustainability are identified as universally necessary in the profession of Industrial Engineering. To acquire these competencies, a practical experience is proposed within the context of the mandatory Technology of Materials course of the Technical University of Madrid (UPM) in the fourth year, where students are required to organize themselves into large hierarchical work groups to tackle a design challenge in the realm of advanced manufacturing technologies. The monitoring of this practical experience by the instructors, through the assessment of conventional deliverables and the administration of questionnaires, has provided evidence of the interest in the proposed methodology.

Keywords: *Industrial Engineering, Teamwork, Leadership, Sustainability, Materials, Manufacturing Technologies.*

1. INTRODUCCIÓN

La ingeniería industrial es una de las titulaciones con mayor carácter multidisciplinar de la oferta formativa española. A pesar de articularse en distintas especialidades, como lo son la ingeniería mecánica, eléctrica, electrónica, química,

organización industrial, etc., la realidad laboral para los graduados en ingeniería industrial comprende una gran multiplicidad de salidas profesionales con diversidad de factores y circunstancias que constituyen un reto formativo, para docentes y gestores universitarios, a la hora de encontrar rasgos comunes que permitan proporcionar a los/las alumnos/as la formación en competencias validas de forma universal.

Categorizando las diferentes opciones laborales en el ámbito de la ingeniería industrial, se aprecian, en extremos opuestos, aquellas salidas con un marcado carácter científico-técnico, incluso a nivel de investigación fundamental, respecto, en el lado opuesto, a ocupaciones centradas en el ámbito de la gestión empresarial, o de las finanzas. Entre medias se pueden encontrar aquellas salidas profesionales en el ámbito de la industria, con un mayor o menor carácter de actividad organizativa o científica.

A la hora de encontrar denominadores comunes ante semejante variedad de opciones, el gestor de programas universitarios se encuentra con la necesidad de formar a ingenieros industriales que, en cualquier caso, van a tener que integrarse en equipos de trabajo, en general de naturaleza multidisciplinar, y con una estructura normalmente jerarquizada, enfrentándose a proyectos, desde cualquier posición, en los que la creciente concienciación por el medio ambiente y la sostenibilidad supone un condicionante absolutamente determinante. En consecuencia, junto con la transmisión de conocimientos propios de la formación tradicional en la ingeniería industrial, el formador de los/las alumnos/ en ingeniería industrial debe promover el desarrollo de competencias en el ámbito del trabajo en equipo del futuro ingeniero. También deben entrenarse destrezas y habilidades para un liderazgo flexible y adaptativo, que pueda integrarse como un eslabón perfectamente sincronizado de la jerarquía de su organización, teniendo en cuenta la solución más sostenible para los proyectos afrontados (Cardona y Herreros, 2021).

La integración del desarrollo de las mencionadas competencias de trabajo en equipo, liderazgo y sostenibilidad en los programas tradicionales de formación en ingeniería, acarrea la necesidad de simultanear la formación científico-técnica con el ejercicio de las mencionadas competencias, en una dinámica de continua mejora y actualización del contenido de los programas (Castillo et al., 2018). En este contexto, nuevas áreas de conocimiento, como es el caso de la ciencia y

la tecnología de los nanomateriales (Sánchez, 2017; Torres, 2018), están irrumpiendo con fuerza en las asignaturas de corte más tecnológico, propias de los últimos cursos de los planes de estudios en ingeniería. Precisamente este tipo de asignaturas son las que propician un contexto más favorable para el ejercicio de las competencias cuya formación se ha identificado como esencial, debido, a varias características. En primer lugar, al tratarse de asignaturas con un marcado carácter aplicado, se ofertan en los cursos finales de la titulación, en los que la mayoría del alumnado ya ha completado la etapa fundamental de su formación, e, inclusive, ha optado ya por una especialidad con la que culminar su titulación. Además, aquellas asignaturas de carácter obligatorio y transversal dentro del plan de estudios, permiten alcanzar a todos el alumnado de la titulación, independientemente de la especialidad escogida por los mismos.

Por otra parte, la formación del alumnado en competencias, como las asociadas los conceptos de sostenibilidad y ecodiseño, se torna especialmente interesante dentro de los programas de formación en el ámbito de las Tecnologías Industriales de la ETS de Ingenieros Industriales (ETSII) de la UPM (Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia, 2021). Los ingenieros industriales del futuro, serán los protagonistas principales de las trasformaciones, tecnológicas, e incluso sociales, para afrontar los desafíos que plantean fenómenos como el calentamiento global, o la escasez de materias primas, entre otros muchos desafíos que amenazan el modelo de crecimiento y desarrollo de la mayoría de las naciones (Fernández, 2018).

El presente trabajo introduce una metodología para el desarrollo de competencias de trabajo en equipo y de liderazgo en el ámbito de la docencia en tecnología de materiales y en materiales avanzados. En particular, se pretende reorientar la educación y el aprendizaje para que el alumnado del área de las Tecnologías Industriales, competencias, valores y actitudes con los que puedan contribuir al desarrollo sostenible. Tal metodología ha sido desarrollada como experiencia práctica de la asignatura obligatoria Tecnología de Materiales, de cuarto curso del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), dotando de un marco único y nunca antes experimentado para la aplicación de la formación en las mencionadas competencias. En dicha experiencia práctica, el alumnado ha sido organizado en torno a grandes grupos de trabajo con estructuras de marcado carácter jerárquico y funcional, para enfrentarse a un reto de diseño en ingeniería, en el que los nanomateriales juegan un papel esencial. Los docentes encargados de la experiencia práctica han monitorizado la evolución de adquisición de competencias por parte del alumnado, no solo mediante la evaluación de los trabajos presentados, en forma de memoria técnica y de presentación en sesión pública, sino también mediante el lanzamiento y análisis de encuestas a lo largo del cuatrimestre, en la que el alumnado han podido expresarse, de forma voluntaria y anónima, mostrando el grado de desarrollo en la adquisición de las mencionadas competencias de trabajo en equipo y liderazgo.

2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

Atendiendo a las necesidades formativas para el alumnado de ingeniería industrial, descritas en la introducción, donde el desarrollo de competencias de trabajo en equipo, liderazgo y sostenibilidad debe compatibilizarse con su formación científico-técnica, el presente trabajo presenta la introducción

de una experiencia práctica en la asignatura Tecnología de Materiales del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales de la UPM. Dicha asignatura es obligatoria en el cuarto curso de la titulación, por ella pasan unos 200 alumnos en cada curso académico, y aborda tradicionalmente los procesos de transformación e inspección de materiales en la industria, como, por ejemplo, las tecnologías de soldadura, las técnicas de conformado de materiales metálicos, etc. En la experiencia práctica propuesta, junto con el seguimiento de las tradicionales prácticas de laboratorio, se ha planteado la realización de una práctica, durante todo el cuatrimestre, en la que el alumnado se enfrenta al desafío de diseñar un producto industrial en el que los nanomateriales han de desempeñar alguna función destacada. En dicha práctica, el alumnado ha de articularse en grandes grupos de trabajo, de unos 30 miembros aproximadamente, emulando las estructuras de las grandes corporaciones. Cada grupo de trabajo estará dirigido por un estudiante que ejercerá el papel de líder. Este equipo deberá estructurarse en subgrupos funcionales de diseño, inspección e investigación de nanomateriales, cada uno bajo la coordinación de un estudiante responsable. Los grupos de trabajo deberán documentar su ejercicio de diseño mediante una memoria técnica, así como mediante la presentación de sus resultados en una sesión de concurrencia pública. Adicionalmente, los docentes responsables de la asignatura mantendrán reuniones periódicas con los responsables de cada grupo de trabajo, para instruirles en el ejercicio del liderazgo de los equipos, así como atender sus dudas e inquietudes. Además, para tener una noción cuantitativa del grado de adquisición de competencias por parte del alumnado, los docentes responsables de la experiencia práctica han elaborado un de cuestionario mediante la aplicación Google Forms, en los que el alumnado, de forma anónima y voluntaria, han podido expresar su grado de satisfacción respecto a distintos aspectos de la práctica, así como responder preguntas sobre su autopercepción en la adquisición de competencias. Si bien puede estimarse que el carácter anónimo y voluntario del cuestionario puede limitar el alcance y el volumen de las respuestas, se considera que dicha libertad por parte del alumno a la hora de responder garantiza el mayor grado de sinceridad y, por lo tanto, de fiabilidad en las respuestas obtenidas. A continuación se enumeran las variables utilizadas en el cuestionario en relación a la adquisición de competencias por parte del alumnado.

- Interés por las tareas de liderazgo (o para el trabajo en equipo)
- Motivación para asumir posiciones de liderazgo en el futuro (o para realizar ejercer actividades que involucren trabajo en equipo)
- Incidencia de la realización de la experiencia práctica para la generación de nuevas ideas para el liderazgo (o para el trabajo en equipo) en sus futuros profesionales.
- Satisfacción con el desarrollo de la experiencia práctica en el contexto de la asignatura.

Uno de los aspectos claves en el desarrollo de la experiencia práctica, a la hora de dotar a los grupos de trabajo de estructuras multidisciplinares radica en la formación diversa que ya en el cuarto curso de la titulación tienen el alumnado de la asignatura Tecnología de Materiales, que a su vez es obligatoria y común para todas las especialidades. A través del cuestionario puesto a disposición del alumnado, se ha podido determinar la

especialidad cursada, en el momento de realizar la práctica, por el alumnado participantes en la misma.

En la propuesta de la experiencia formativa de trabajo en equipo y liderazgo se considera también el efecto beneficioso para la asignatura Tecnología de Materiales. El papel central de la ciencia e ingeniería de los nanomateriales en el desarrollo de la práctica, permite complementar el programa tradicional de la asignatura, con la adquisición por parte del alumnado de conocimientos avanzados en el área de la ciencia de materiales, Según la guía de la ONU para el programa de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, constituye uno de los pilares centrales de las transformaciones necesarias para la sociedad (Sánchez, 2017; Torres, 2018).

3. RESULTADOS

La metodología para el ejercicio de competencias de liderazgo, trabajo en equipo y sostenibilidad en el contexto de la asignatura Tecnología de Materiales ha venido implantándose como experiencia práctica durante dos cursos académicos, el curso 2021-2022 y el curso 2022-2023. A diferencia de las competencias tradicionales, cuya adquisición por parte del alumno puede evaluarse de forma más o menos directa mediante la noción de prueba objetiva o examen, la medida de adquisición de competencias como las perseguidas mediante el presente proyecto, debe estar encaminada a asegurar el ejercicio activo de las mismas por parte del alumnado participante en la práctica. Dicho enfoque debe ayudar al alumno a desarrollar habilidades para desenvolverse por sí mismo ante una diversidad de desafíos a la hora de trabajar en equipo y formar parte de la cadena de mando del mismo.

De forma concreta, para promover que el alumno se enfrente a situaciones similares a las que le espera en su futuro profesional, se han conformado un total de diez grupos, en los que se reparten los doscientos alumnos matriculados anualmente en la asignatura. Cada grupo ha recibido el desafío de abordar un proyecto avanzado de diseño dentro de la asignatura Tecnología de Materiales. Estos grupos se han estructurado de manera jerárquica, con un director general y jefes de departamento encargados de aspectos clave de los proyectos asignados, como fabricación, inspección, I+D y nanomateriales, y sostenibilidad, entre otros. La temática de los trabajos asignados a cada grupo se ha caracterizado por una gran diversidad de materia, buscando en todos los casos proponer unos desafíos estimulantes y de carácter avanzado para el alumnado. Entre los trabajos propuestos se encuentra la selección de materiales para prótesis biomédicas, componentes estructurales de aeronaves, nuevos diseños para dispositivos deportivos avanzados, sistemas de fabricación asociados a la noción de Industria 4.0 y sistemas de producción sostenibles, como es el caso de los sistemas de Fabricación Aditiva, entre otras muchas propuestas. A modo de ejemplo, la Figura 1 muestra una captura de alguna de las presentaciones utilizadas en las sesiones públicas de defensa de los proyectos.

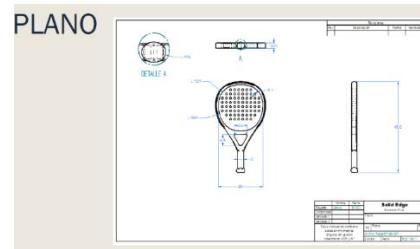


Figura 1: Diapositiva en presentación de sesión pública de defensa de los trabajos realizados.

La defensa de los proyectos frente a los compañeros de clase crea un entorno desafiante y estimulante, en el que el alumnado debe presentar sus ideas y responder a preguntas y comentarios constructivos. Esta dinámica no solo desarrolla sus habilidades de comunicación, sino que también fomenta el pensamiento crítico y la capacidad de argumentar de manera persuasiva, al tener que responder preguntas, tanto de los profesores responsables de la experiencia práctica, como por parte de cualquier alumno que desee preguntar.

En cuanto al cuestionario, constituye una herramienta que permite identificar aspectos relevantes para el éxito del proyecto. Este cuestionario constituye un instrumento de valor enorme para revelar y evaluar diversas dimensiones clave, como la eficacia de la comunicación entre los miembros del equipo y la valoración de las personas que asumen responsabilidades específicas, con un enfoque particular en la evaluación del liderazgo ejercido por el líder de cada equipo, quien ostenta una posición de máxima responsabilidad en el contexto del proyecto. A través de esta evaluación integral, se busca proporcionar una retroalimentación significativa a los responsables de la experiencia práctica, permitiéndoles identificar las fortalezas y áreas de mejora, tanto del alumnado, como de la propia metodología, de cara a una filosofía de mejora continua en las sucesivas ediciones de la misma.

La Figura 2 muestra una de las cuestiones planteadas a los participantes en la práctica acerca de su opinión sobre la idoneidad del tamaño de los grupos en relación al tipo de trabajo al que tienen que enfrentarse.

Teniendo en cuenta la complejidad del trabajo, ¿consideras adecuado el número de integrantes por grupo?

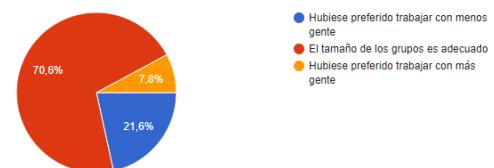


Figura 2: Opinión de los/las alumnos/as respecto al tamaño de los grupos de trabajo.

A tenor del resultado obtenido a la cuestión mostrada en la Figura 2, se constata un estado de opinión favorable por parte del alumnado participante en la experiencia práctica a la hora de evaluar el tamaño de los equipos.

La Figura 3 recoge la respuesta del alumnado a la cuestión sobre su percepción de la importancia del uso de las Tecnologías para la Información y la Comunicación (TIC), en la realización de sus trabajos.

¿Ha sido importante el uso de las TIC para realizar el trabajo? (Comunicación dentro del equipo, búsqueda de información, ...)

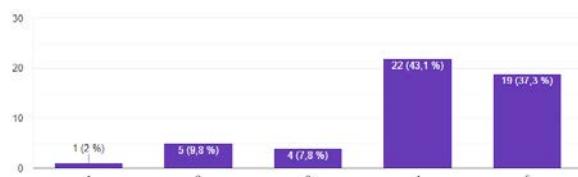


Figura 3: Percepción de los/las alumnos/as sobre la importancia del uso de las TIC en la realización de la práctica.

Finalmente, entre los aspectos más notables extraídos del cuestionario aplicados al alumnado, se evidencia el nivel de interés y la percepción de aprovechamiento experimentados tras su participación en la metodología formativa propuesta. La Figura 4 muestra la respuesta del alumnado a la cuestión sobre su percepción acerca del interés y el provecho de la experiencia práctica realizada.

¿Consideras interesante y provechosa esta nueva metodología de fabricación y liderazgo?

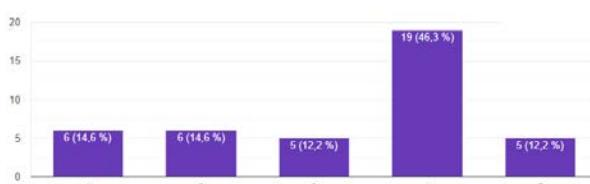


Figura 4: Percepción de los/las alumnos/as respecto al interés y utilidad de la práctica.

Considerando la medida de desarrollo de competencias por parte del alumnado, una amplia mayoría expresa haber visto reforzado su interés por el liderazgo y el desarrollo de ideas al respecto, como consecuencia de la realización de la práctica.

Atendiendo a la calidad y el rigor de los proyectos presentados por los participantes en la experiencia práctica, así como, a la ejecución adecuada de los temas encomendados mediante el trabajo en equipos de estructurados jerárquicamente y multidisciplinares, se considera que la metodología centrada en el liderazgo y el trabajo en equipo, implementada dentro del ámbito educativo de las tecnologías de fabricación avanzadas dirigida a alumnos de ingeniería industrial, puede ser validada como una valiosa y novedosa herramienta para el fomento de competencias esenciales en la formación de los futuros ingenieros industriales.

Del mismo modo, considerando las respuestas del alumnado a las distintas cuestiones planteadas en el cuestionario, se percibe una toma de conciencia por parte del alumnado respecto a las características organizativas y funcionales de los equipos, a la hora de que funcionen de forma eficiente, así como, un elevado grado de satisfacción asociado a la participación en la experiencia práctica, lo cual puede considerarse como un indicador del interés y la motivación que guiado la actuación del alumnado durante la realización de la misma.

4. CONCLUSIONES

Las competencias de liderazgo, trabajo en equipo y sostenibilidad han sido identificadas como universalmente necesarias para el ejercicio de la profesión de ingeniería industrial, dentro del amplio abanico que constituye la oferta

laboral en esta titulación. El presente trabajo recoge una experiencia práctica llevada a cabo dentro de la asignatura Tecnología de Materiales, obligatoria en el cuarto curso del Grado en Ingeniería de las Tecnologías Industriales de la UPM. Dicha experiencia práctica ha promovido la formación en competencias de liderazgo, trabajo en equipo y sostenibilidad para el alumnado, mediante la organización del alumnado en grandes grupos de trabajo con una estructura jerárquica y funcional, para enfrentarse a distintos desafíos de diseño en el contexto de las tecnologías avanzadas de fabricación, con un protagonismo central de los nanomateriales. La estructura jerárquica de los equipos, con un líder y jefes de distintos departamentos, como el departamento diseño, el de fabricación, el de investigación en nanomateriales y el de sostenibilidad es considerada como adecuada para una simulación realista de las condiciones de trabajo de un ingeniero industrial en su práctica profesional. La evaluación de los trabajos presentados por el alumnado, mediante una memoria técnica y una presentación en sesión pública, ha permitido constatar el interés por parte del alumnado en la experiencia práctica llevada a cabo. Así mismo, la elaboración de un cuestionario para el alumnado, en los que han podido valorar sus progresos durante la realización de la práctica, así como, mostrar su grado de satisfacción, ha constituido otra constatación sobre la idoneidad de la experiencia práctica propuesta para la adquisición de las competencias referidas de trabajo en equipo y liderazgo por parte del alumnado de la asignatura.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos de Innovación Educativa y Mejora de la Calidad de la Enseñanza ETSII-UPM 2022 "La formación del liderazgo en fabricación, inspección y nanomateriales en estudiantes de Ingeniería en Tecnologías Industriales (IP: M. Naffakh)", soportado por la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial (F2I2) y UPM 2022-23 "Desarrollo de competencias en el ámbito de la sostenibilidad y el ecodiseño en el contexto de tecnologías avanzadas de fabricación (IE23.0502, IP: M. Naffakh)".

REFERENCIAS

- Castillo, J. A., Álvarez, N. T. y Treviño, A. (2018). El liderazgo como objeto de formación en los estudiantes de ingeniería. *Espirales*, 2(23), 103-111.
- Cardona, J. M. y Herreros, F. (2021). Liderazgo y Productividad para Ingenieros. Comité Universidad Formación y Empresa-CUFE. Instituto de la Ingeniería de España.
- Fernández, A. (2018) Educación para la sostenibilidad: Un nuevo reto para el actual modelo universitario. *Research, Society and Development*, 7, 1-19.
- Garrido, A., Sastre, P., Armada, R., Sanchez-Bayo, P. (2021). Sostenibilidad en los Estudios Oficiales de la UPM 2020. Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia. UPM.
- Sánchez, J. (2017). Estrategia tecnológica española de materiales avanzados y nanomateriales. *Plataforma MATERPLAT* (PTR-2016-0821).
- Torres, L.J. y Duarte-Ruiz, A. (2018). Docente-Nano: Una alternativa para la divulgación del concepto de nanomateriales en la educación media, *Revista de Física*. 56E, 81