

Comprender las matemáticas de secundaria y bachillerato desde las asignaturas universitarias: Una propuesta de docencia transversal basada en elasticidad y resistencia de materiales
Understanding secondary and high school maths from university subjects: A transversal teaching proposal based on elasticity and strength of materials

A. Lapuebla-Ferri, F. Giménez-Palomares, A. J. Jiménez-Mocholí
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
anlafer0@mes.upv.es, fgimenez@mat.upv.es, ajimene@mes.upv.es

Abstract

En este trabajo proponemos una metodología didáctica para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de matemáticas en las etapas de Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato. Se trata de una experiencia que requiere de la colaboración entre profesores de distintos niveles educativos. Se pretende que los estudiantes preuniversitarios contextualicen ciertas herramientas y métodos matemáticos en el ámbito de la asignatura universitaria "Elasticidad y Resistencia de Materiales". El objetivo fundamental que perseguimos con la futura implementación de esta experiencia es que los alumnos preuniversitarios comprendan la utilidad de las matemáticas a partir de aplicaciones prácticas reales de la ingeniería. Los autores creemos que esta experiencia repercutirá positivamente en su motivación y, por ende, en su rendimiento académico.

In this work, we propose a didactic methodology to facilitate the teaching-learning process of the mathematics subjects in the stages of Compulsory Secondary Education and High School Education. It consists of a collaboration experience between teachers of different levels of education. It is intended that the pre-university students contextualize certain mathematical methods and tools in the field of the university subject "Elasticity and Resistance of Materials". The fundamental objective we follow with the future implementation of this experience is that pre-university students understand the usefulness of mathematics from real practical applications of engineering. The authors believe that this experience will have a positive impact on their motivation and, therefore, on their academic performance.

Palabras clave: educación preuniversitaria, metodología didáctica, Matemáticas, Elasticidad y Resistencia de Materiales, motivación.
Keywords: pre-university education, didactic methodology, Mathematics, Elasticity and Strength of Materials, motivation.

1. Introducción

La educación formal es el conjunto de procesos educativos institucionalizados que tiene como objetivo la adquisición, por parte de la persona estudiante, de los conocimientos y las competencias que se concretan en el currículo oficial del sistema educativo vigente. En el ámbito preuniversitario, la ley educativa vigente en España es la Ley Orgánica 8/2013 para la Mejora de la Calidad Educativa (en adelante, LOMCE)¹, que regula los procesos de enseñanza y aprendizaje de las etapas de Educación Primaria, Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato. Dentro del alcance de este trabajo, se hace hincapié en el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y del Bachillerato, regulado por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre².

En lo que respecta a las Matemáticas, el Real Decreto 1105/2014 establece que, entre las competencias que deben alcanzar los estudiantes figuran la “competencia matemática” y las “competencias básicas en ciencia y tecnología”. Es por este motivo que las asignaturas de matemáticas se encuentran presentes a lo largo de la ESO y del Bachillerato, orientadas a las Enseñanzas Aplicadas o a las Enseñanzas Académicas.

Queremos resaltar en este punto la importancia del aprendizaje de las Matemáticas por parte de los estudiantes preuniversitarios. Esta disciplina posee un rasgo único, en tanto que forma a la persona en el razonamiento lógico-deductivo, contribuyendo así a la adquisición y la consolidación de los conocimientos adquiridos, además de permitir el crecimiento personal y social. Más aún, las Matemáticas proveen de métodos y herramientas sin las cuales sería imposible el estudio y la comprensión de otras materias, como la Física. Con respecto a esta última, el citado Real Decreto 1105/2014 indica que “la complejidad matemática de determinados aspectos no debe ser obstáculo para la comprensión conceptual de postulados y leyes que ya pertenecen al siglo pasado”.

Habiendo justificado la presencia de las Matemáticas en el currículo preuniversitario y resaltado su importancia, el objetivo principal que nos planteamos en este trabajo es plantear una metodología para llevar a cabo una experiencia didáctica con la que motivar a los alumnos preuniversitarios en el estudio de las Matemáticas. Se pretende mostrar a los estudiantes preuniversitarios aplicaciones de herramientas matemáticas conocidas (por estar estudiándolas o por haberlo hecho en el pasado) para la resolución de problemas ingenieriles típicos. Se pretende realizar esta experiencia con el alumnado de ESO y Bachillerato, cuya formación en Matemáticas ha alcanzado cierta madurez y su acceso a la universidad es inminente. El aspecto más novedoso que se destaca de esta propuesta es la presencia simultánea de profesores universitarios y preuniversitarios en el aula. La justificación de esta experiencia surge de conversaciones de los autores con profesores de enseñanza secundaria, quienes muy a menudo hacen constar sus dificultades para motivar a los estudiantes en el estudio de las Matemáticas. Una de las razones radica en que el alumnado no le atribuye utilidad práctica alguna a los métodos matemáticos que estudian. De hecho, la dificultad para motivar a los estudiantes en el estudio de las matemáticas tampoco es ajena a la Educación Superior, como tampoco lo es el hecho de que las Matemáticas son necesarias para la formación de un futuro profesional en cualquier rama de la ingeniería.

¹Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial del Estado, número 295, de 10/12/2013, páginas 97858-97921. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/B0E-A-2013-12886.pdf>. Acceso en línea: 4/2/2019.

²Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, número 3 de 3/1/2015, páginas 169-546. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>. Acceso en línea: 4/2/2019.

Los autores somos profesores del título de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, que se imparte en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universitat Politècnica de València. Fernando Giménez Palomares es profesor de asignaturas de matemáticas (básicas y aplicadas). Andrés Lapuebla Ferri y Antonio José Jiménez Mocholí son profesores de la asignatura tecnológica “Elasticidad y Resistencia de Materiales”, de obligatoria presencia en el ámbito de la Ingeniería Civil, la Ingeniería Mecánica o la Arquitectura.

Este trabajo se estructura del siguiente modo: en el apartado 2 de este trabajo se describe la metodología planteada para llevar a cabo esta experiencia docente; en el apartado 3 se presenta un ejemplo práctico para desarrollar en el aula; en el apartado 4 se indican las conclusiones de la propuesta y en el apartado 5 se enumeran futuros desarrollos de la misma.

2. Metodología

La metodología que se propone para implementar esta experiencia se ilustra en la Figura 1, e involucra la presencia de un profesor universitario y de un profesor de secundaria o bachillerato (respectivamente, profesor y profesora, como se indica en la Figura 1). La experiencia está dirigida al alumnado preuniversitario.

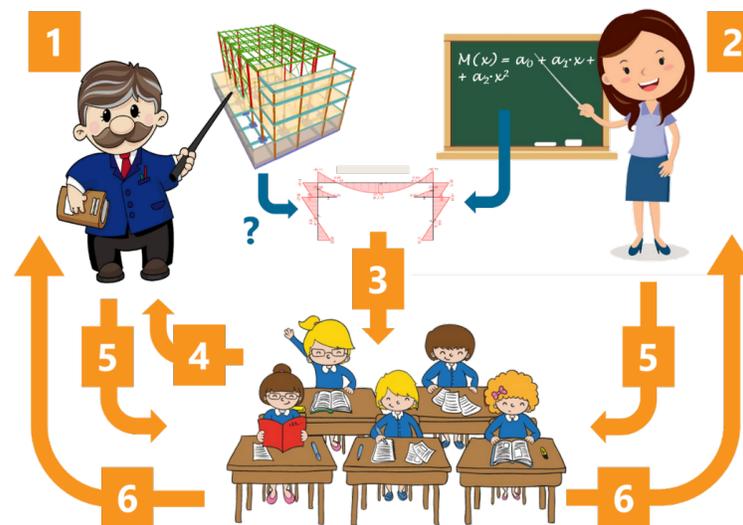


Figura 1: Ilustración que esquematiza la metodología planteada. Imágenes obtenidas de los enlaces <http://freedesignfile.com> y <http://pngtree.com>).

Según la Figura 1, las fases en las que se vertebra la experiencia son las siguientes:

1. El profesor universitario (PU) y la profesora de enseñanza preuniversitaria (PP) entran juntos al aula. PU se presenta a los alumnos, haciendo hincapié en su área de conocimiento, el contenido de la asignatura que imparte, las realizaciones profesionales de la misma y su relación con las asignaturas de matemáticas que ya han cursado los alumnos preuniversitarios. A continuación, PU explica el problema que deberán resolver los alumnos.

2. PP hace un breve resumen de los métodos matemáticos que permitirán resolver el problema. Es muy importante que el alumnado haya trabajado previamente dichos métodos.

3. Los alumnos resuelven el problema planteado.

4. Los alumnos proporcionan los resultados a PU, quien interpreta la solución desde el punto de vista de la ingeniería.

5. PP y PU establecen conjuntamente las conclusiones del ejercicio, finalizando la clase con un repaso de los conceptos aprendidos.

6. Los alumnos evalúan la experiencia con PP y PU.

Se recomienda que la duración de la experiencia esté comprendida entre 45-60 minutos, y en ningún caso debería exceder la duración habitual de una sesión de clase preuniversitaria.

3. Ejemplo práctico

Se plantea el siguiente ejemplo de aplicación que emplea parte de los contenidos de la asignatura universitaria “Elasticidad y Resistencia de Materiales”. Si se desea profundizar en estos contenidos, se emplaza a la persona que lea este documento a la bibliografía especializada sobre el tema (las referencias (Gere, 2002; Popov, 1994) se citan como textos clásicos en la materia). Los términos subrayados en el planteamiento son característicos del ámbito de la Ingeniería Estructural.

Cierta empresa desea construir un edificio destinado a almacenaje y a oficinas. Con este fin, se contrata a un gabinete de ingeniería para que desarrolle el proyecto del edificio.

Con el fin de dimensionar la estructura portante del edificio, se realiza el modelo por ordenador mostrado en la Figura 2(a), empleando para ello cierto software comercial de cálculo de estructuras. En la Figura 2(b) se muestra el diagrama de sólido libre de una de las vigas que forman parte de la estructura, rotulada como viga 1. Este diagrama indica las solicitaciones que aparecen en los extremos 1 y 2 de la viga, causadas tanto por las cargas que actúan directamente sobre ella como por las cargas aplicadas en otras zonas de la estructura y cuyos efectos se transmiten a la viga en cuestión.

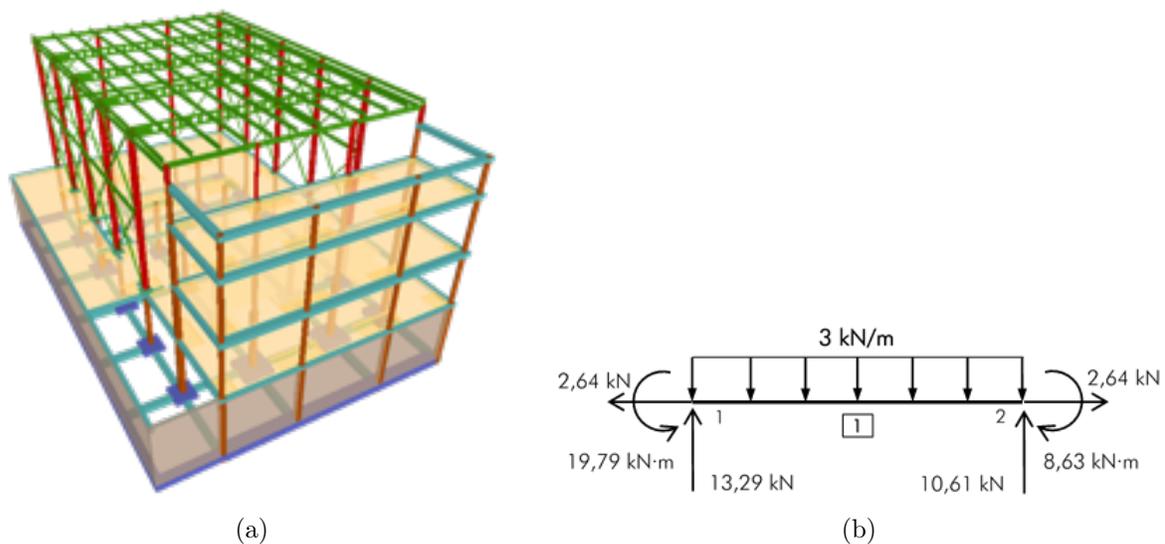


Figura 2: Planteamiento del ejercicio a resolver. (a) Modelo computerizado de la estructura del edificio. (b) Diagrama de sólido libre de la viga 1.

De este modo, a partir del diagrama de sólido libre de la viga pueden obtenerse las sollicitaciones en una sección cualquiera, para lo cual bastará con verificar la condición de equilibrio estático del elemento. Por otro lado, se pueden obtener también las leyes de esfuerzos (axiales, cortantes y momentos flectores) a las que se ve sometida la viga.

Desde un punto de vista matemático, las leyes de esfuerzos son polinomios de distinto grado y coeficientes constantes. Así y todo, resulta más interesante la representación gráfica de las leyes de esfuerzos, obteniendo lo que se conoce como diagramas de esfuerzos. Estos diagramas ilustran, en parte, la respuesta mecánica de la viga frente a las cargas actuantes. Los diagramas de esfuerzos son herramientas de uso necesario —aunque no suficiente— para un profesional de la ingeniería estructural.

En la Figura 3 se muestran las leyes y los diagramas de esfuerzos obtenidos para la viga del ejemplo.

Ley y diagrama de esfuerzos axiales

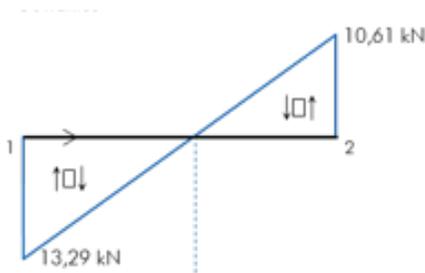
$$N(x) = 2.64 \text{ kN } \forall x \in (0, 8)m$$



Ley y diagrama de esfuerzos cortantes

$$V_y(x) = 13.29 - 3x \text{ kN } \forall x \in (0, 8)m$$

$$V_y(x_0) = 0 \implies 13.29 - 3x_0 \implies x_0 = 4.43m$$



Ley y diagrama de esfuerzos flectores

$$N_z(x) = -19.78 + 13.39x - 3x^2/2 \text{ kN} \cdot m \forall x \in (0, 8)m$$

$$M_y(x_0) = M_z(4.43m) = 10.1 \text{ kN} \cdot m$$

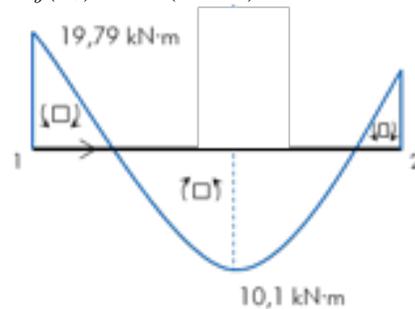


Figura 3: Diagramas y leyes de esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores de la viga objetivo.

Llegados a este punto, una vez explicado el problema a los alumnos preuniversitarios, los profesores les facilitan las leyes de esfuerzos y les plantean el trazado de los diagramas. Para que lo puedan realizar de manera correcta, deben obtener la posición de los puntos (es decir, secciones) de la viga donde los esfuerzos alcanzan valores máximos y mínimos, así como los valores que toman. También son de interés la localización de las secciones donde se anulan los esfuerzos.

Un concepto matemático interesante que han estudiado los alumnos y que pueden aplicar al ejercicio es el del operador derivada. En este ejemplo, los alumnos pueden constatar rápidamente que si se deriva la ley de momentos flectores se obtiene de forma inmediata la ley de esfuerzos cortantes en la viga. En la representación gráfica, el diagrama de esfuerzos cortantes marca la evolución de la pendiente del diagrama de momentos flectores en cada punto de la viga. Por lo tanto, si existe una sección de la viga en la que se anula el diagrama de esfuerzos cortantes, en dicha sección la ley de momentos flectores alcanzará un valor máximo (o mínimo) relativo, y así quedará representado en el correspondiente diagrama de momentos. En el análisis de una

viga sometida a flexión, resulta necesario indicar los valores máximos y mínimos (relativos y absolutos) de la ley de momentos flectores dentro de su intervalo de definición (es decir, la longitud de la viga).

Tal y como se ha comentado anteriormente, resulta interesante que PP recuerde a los alumnos algunos de los conceptos básicos estudiados en sesiones anteriores y que sirvan para resolver el problema: representación gráfica de funciones, operador derivada, etc. De este modo, los alumnos serán capaces de relacionar los nuevos conceptos con la aplicación práctica de la ingeniería que se plantea.

Una vez finalizado el ejercicio, PU presentará la solución correcta del problema. Deberá poner énfasis en la utilidad del ejercicio desde un punto de vista profesional, y la relación de los resultados obtenidos con la práctica profesional.

Por ejemplo, en el caso práctico planteado, se podrían relacionar los resultados obtenidos del análisis de la viga con el dimensionado de su sección transversal: los esfuerzos en la sección más solicitada de la viga se emplean para dimensionar la sección transversal de la misma; esto significa escoger la forma y las dimensiones de la sección, de manera que se emplee la menor cantidad de material posible y sin que con ello se menoscabe la seguridad de la estructura o su correcto desempeño frente a las cargas que deba soportar.

A continuación, PP puede repasar los conceptos que han intervenido en la resolución del problema, poniendo énfasis en la utilidad de las herramientas matemáticas que han empleado.

Para finalizar la experiencia, se propone recabar la opinión de los estudiantes preuniversitarios con respecto a la misma. Se sugiere el pase de una breve encuesta de valoración, realizada de forma anónima, como la que se recoge en la Figura 4. De este modo, los autores podremos tener una realimentación de la experiencia, y mejorarla para un futuro.

Puntúa cada una de las siguientes afirmaciones del 1 al 10 (1 significa estar totalmente en desacuerdo y 10 totalmente de acuerdo). La encuesta es totalmente anónima. Responde con total sinceridad para que podamos mejorar esta experiencia.

- 1) *Los profesores nos han transmitido la utilidad que tienen las Matemáticas para el campo de la Ingeniería Estructural.*
- 2) *La experiencia ha conseguido que comprenda mejor los conocimientos de Matemáticas que ya tenía.*
- 3) *Deberían realizarse experiencias como esta en las otras asignaturas que estudio.*
- 4) *En resumen, me ha gustado esta experiencia.*

Figura 4: Encuesta de valoración de la experiencia.

4. Conclusiones

En este trabajo se ha descrito una experiencia didáctica cuyo objetivo principal es aumentar la motivación del alumnado preuniversitario en el estudio de las asignaturas relacionadas principalmente con las Matemáticas.

Esta experiencia no surge de la nada, sino que está basada en una experiencia similar que los autores llevamos a cabo en el pasado en un contexto universitario (Jiménez-Mocholí et al. 2002). En esta experiencia previa, los profesores de segundo curso de la asignatura “Elasticidad y Resistencia de Materiales” nos dirigimos a los alumnos de la asignatura “Ampliación de Álgebra Lineal” de primer curso de la titulación Ingeniero Industrial, para mostrarles las aplicaciones de la teoría del endomorfismo en espacios vectoriales euclídeos a los cálculos de la Teoría de la

Elasticidad. Los estudiantes pudieron contextualizar en una serie de aplicaciones prácticas las herramientas matemáticas que estaban estudiando en ese mismo momento, lo que les permitió encontrarles una utilidad de cara a su futuro profesional y, al mismo tiempo, motivarles en su estudio. La recepción de la experiencia por parte del alumnado fue muy satisfactoria, a juzgar por los resultados obtenidos en los cuestionarios de evaluación (Jiménez-Mocholí, et al. 2004).

Cabe destacar que la implementación de la experiencia no requiere de un equipamiento especial, pero sugerimos que se acompañe de recursos audiovisuales para reforzarla: imágenes, vídeos, simulaciones computerizadas de análisis estructural (como la que se ilustra en la Figura 2), etc. De hecho, hoy en día los medios audiovisuales en la educación adquieren un tremendo protagonismo, habida cuenta de los hábitos de la juventud y las nuevas metodologías docentes. En particular, con los laboratorios virtuales se hace hincapié en que los modelos matemáticos que se emplean en la ingeniería son abstracciones de la realidad. No en vano, en el Real Decreto 1105/2014 se indica que el uso de aplicaciones virtuales interactivas permite realizar experiencias prácticas que por razones de infraestructura no serían viables en otras circunstancias. De hecho, los autores de este trabajo tenemos una amplia experiencia en el desarrollo de laboratorios virtuales como herramienta de apoyo a los procesos de enseñanza y aprendizaje de diversas asignaturas universitarias como “Elasticidad y Resistencia de Materiales” (Giménez et al., 2011; Jiménez-Mocholí, et al. 2014; Giménez-Palomares et al., 2017; Lapuebla-Ferri et al., 2018), “Estructuras de Hormigón” (Lapuebla-Ferri et al., 2017) y “Estructuras Metálicas” (Lapuebla-Ferri et al., 2018).

Un aspecto a destacar de esta propuesta es la cantidad de conceptos que puede introducir PU en el marco de esta experiencia, y que sirvan para repasar ciertos contenidos que los estudiantes ya han trabajado (o lo están haciendo) tanto en la asignatura de Matemáticas (Tabla 1) como en la de Física (Tabla 2). Los contenidos se listan en las tablas tal y como se indican en la LOMCE.

Conceptos introducidos en la experiencia	Contenidos de asignaturas
Diagramas de esfuerzos	Representaciones gráficas
Realización de cálculos	Operaciones con decimales Jerarquía de operaciones
Leyes de esfuerzos	Concepto de función Variable independiente Crecimiento y decrecimiento de una función Funciones lineales Resolución de problemas sencillos mediante el estudio de funciones Operaciones elementales con polinomios
Diagramas de esfuerzos	Realización de gráficos Expresiones de la ecuación de la recta Descripción cualitativa de gráficos

Tabla 1: Conceptos introducidos en la experiencia y su relación con los contenidos de Matemáticas (tanto en ESO como en Bachillerato).

Con la experiencia, además, el alumnado preuniversitario trabajará competencias transversales como el sentido crítico, la comunicación, el autoconocimiento de fortalezas y debilidades, etc.

Pese a lo prometedor de esta propuesta, no está exenta de debilidades:

- El caso práctico planteado está irremediamente simplificado. Resulta imposible condensar las complejidades de un problema de ingeniería estructural en una breve experiencia

Conceptos introducidos en la experiencia	Contenidos de Física
Equilibrio estático	Las fuerzas y sus efectos
Solicitaciones	Leyes de Newton Fuerzas elásticas. Ley de Hooke Momento de una fuerza
Sistemas de unidades	Sistemas de unidades
Diagramas de esfuerzos	Representaciones gráficas

Tabla 2: Conceptos introducidos en la experiencia y su relación con los contenidos de Física (tanto en ESO como en Bachillerato).

llevada a cabo en una clase preuniversitaria, en cuya duración no pueden explicarse todos los conceptos intervinientes (los que se han subrayado en el texto del apartado anterior) sin caer en el tedio y en la dificultad de asimilar de golpe tanta información nueva. Del mismo modo, los autores somos conscientes de las dificultades con la que se encuentran los docentes preuniversitarios para motivar a los estudiantes en ciertas asignaturas. En este aspecto, la experiencia puede servir a los profesores universitarios como un medio para reflexionar sobre los aspectos educativos de la profesión, especialmente en el hecho de que los docentes de cualquier nivel educativo colaboran integralmente en la educación de los futuros profesionales.

- El tiempo disponible para impartir los contenidos de una asignatura es siempre breve en cualquier ámbito educativo. La experiencia descrita está diseñada para que ocupe una sesión entera de una asignatura preuniversitaria, y su utilidad queda manifiesta si la experiencia sirve para que los estudiantes se motiven de cara el estudio y afiancen algunos de los conceptos de Matemáticas. Evidentemente, con el tiempo disponible no se pretende trabajar todos los conceptos subrayados que aparecen en el ejemplo del apartado 3.
- Quizá algunos de los conceptos que se pretenden trabajar en la experiencia demanden una excesiva capacidad de abstracción para los alumnos preuniversitarios. Sin embargo, esto no se podrá saber a ciencia cierta hasta implementar la experiencia. Si se da el caso, se puede plantear el estudio de los movimientos en una viga (que también se expresan en forma de polinomios) en lugar de los esfuerzos.

5. Futuros desarrollos

Más allá del repaso de los conceptos matemáticos, la experiencia planteada puede extenderse para a otros aspectos. De este modo, y a título de ejemplo, como futuros desarrollos de la experiencia se citan los siguientes (que guardan relación con los términos subrayados en el apartado 3):

- Mostrar qué hace un profesional de la ingeniería. El ejercicio ilustra un caso típico de un problema relacionado con un proyecto estructural.
- Potenciar el uso de las nuevas tecnologías, sobre todo en lo referente al modelado estructural asistido por ordenador.
- Reforzar la importancia de manejar correctamente los sistemas de unidades.
- Aprender (o repasar) conceptos en el ámbito de la Física como solicitaciones, esfuerzos, equilibrio estático, etc.

- Publicitar algunas titulaciones de grado. Aunque resulte una afirmación ambiciosa y no contrastada, los autores creemos que el éxito de la experiencia presentada puede motivar en un futuro la elección de titulaciones de ingeniería a los alumnos de bachillerato.

El acercamiento de la ingeniería a las aulas preuniversitarios ya se ha llevado a cabo recientemente en Aragón pero a edades más tempranas, en el ámbito de la educación infantil³.

Referencias

-  Gere, J. M. (2002). *Resistencia de materiales*. Madrid etc.: Thomson.
-  Popov, E. P. (1994). *Introducción a la mecánica de sólidos*. México etc.: Limusa.
-  Jiménez-Mocholí, A.-J., Giménez-Palomares F., Arroyo-Jordá P. (2002). *Una aplicación de la diagonalización de matrices a la ingeniería: matriz de tensiones*. III Jornades d'Innovació Docent: l'ensenyament de les Matemàtiques i el Projecte EUROPA (25-27/09/2002), 2002, pp. 157–168.
-  Jiménez-Mocholí, A.-J., Arroyo-Jordá, P., Arroyo-Jordá, M., Giménez-Palomares, F., Lapuebla-Ferri, A., Corral-Ortega, C. (2008). *El cuestionario como herramienta de evaluación de la docencia transversal*. V Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria, , pp. 1–7.
-  Giménez, F., Monsoriu, J. A., Lapuebla-Ferri, A., Jiménez, A. J. (2011). *Un laboratorio virtual para la enseñanza de momentos de inercia de figuras planas*. Modelling in Science Education and Learning 4(18).
-  Jiménez-Mocholí, A.-J., Lapuebla-Ferri, A., Giménez-Palomares, F. (2014). *Utilización de laboratorios virtuales para la enseñanza y el aprendizaje de la elasticidad*. Modelling in Science Education and Learning 7(20).
-  Giménez-Palomares, F., Jiménez-Mocholí, A.-J., Lapuebla-Ferri, A., Monsoriu-Serra, J.-A. (2017). *Representación de distribuciones tensionales en elementos lineales prismáticos y cilíndricos*. Modelling in Science Education and Learning 10(2).

³Programa “Una ingeniera en cada cole”. Profesoras universitarias acercan la ingeniería a los más pequeños. <http://eupla.unizar.es/noticias/una-ingeniera-en-cada-cole-profesoras-de-la-eupla-acercan-la-ingenieria-los-mas-pequenos>. Acceso en línea: 1/2/2019.

-  Lapuebla-Ferri, A., Jiménez-Mocholí, A.-J., Giménez-Palomares, F., Monsoriu-Serra, J.-A. (2018). *Uso de laboratorios virtuales en la enseñanza de asignaturas de grados de la rama industrial: antecedentes, estado actual y reflexiones*. Técnica Ind., no. 319, pp. 40–47.
-  Lapuebla-Ferri, A., Giménez-Palomares, F., Jiménez-Mocholí, A.-J., Monsoriu-Serra, J.-A. (2017). *Aprendizaje interactivo de los dominios de deformación de elementos de hormigón armado*. XXV Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET 2017), pp. 353–362.
-  Lapuebla-Ferri, A., Giménez-Palomares, F., Jiménez-Mocholí, A.-J., Espinós-Capilla, A., Monsoriu-Serra, J.-A. (2018). *Aplicación interactiva on-line para el aprendizaje del fenómeno del pandeo en elementos metálicos sometidos a compresión simple*. XXVI Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas (CUIEET 2018), p. 78.