



# Interacción en foros virtuales al integrar modelización matemática para formar ingenieros

## Interaction in virtual forums by integrating mathematical modelling to train engineers

Jazmín Adriana Juárez Ramírez

*Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela Superior de Cómputo. Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México*  
jjuaarez@ipn.mx

José María Chamoso Sánchez, María Teresa González Astudillo

*Departamento de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales Universidad de Salamanca, Salamanca, España*  
jchamoso@usal.es, maite@usal.es

**RESUMEN** • La modelización matemática posibilita que los estudiantes vinculen su aprendizaje con situaciones reales. En este trabajo se analiza una experiencia con estudiantes de ingeniería cuando elaboraban un proyecto de modelización matemática utilizando foros virtuales, que considera los niveles de interacción y de profundidad de sus mensajes y la influencia de esos foros en las modificaciones realizadas para mejorar sus trabajos. Los resultados reflejan que, principalmente, se consiguieron niveles de interacción medios y niveles de profundidad bajos, que el nivel de interacción dependió de la forma de realizar la experiencia, y que los más altos niveles de interacción y profundidad se correspondieron con las mayores mejoras de los trabajos. Ello abre posibilidades futuras sobre el uso de foros virtuales al integrar la modelización en el aprendizaje de las matemáticas en cursos universitarios.

**PALABRAS CLAVE:** Modelización matemática; Interacción; Foros virtuales; Ingeniería; Educación universitaria.

**ABSTRACT** • Mathematical modelling allows students to associate their learning with real situations. This paper analyzes an experience with engineering students when they were developing a mathematical modelling project using virtual forums, which considers the levels of interaction and depth of their messages and the influence of those forums on the modifications made to improve their work. The results mainly reflect that medium levels of interaction and low levels of depth were achieved, that the level of interaction depended on how the experience was performed, and that the highest levels of interaction and depth corresponded to the greatest improvements in the work. This opens up for future possibilities in the use of virtual forums by integrating modelling into university-level mathematics learning.

**KEYWORDS:** Mathematical modelling; Interaction; Virtual forums; Engineering; University education.

Recepción: julio 2019 • Aceptación: abril 2020 • Publicación: abril 2020

## INTRODUCCIÓN

Los foros virtuales son una de las herramientas más utilizadas en el ámbito educativo para promover el aprendizaje colaborativo de manera eficaz y favorecer la adquisición de habilidades y conocimientos (por ejemplo, Jyothi, McAvinia y Keating, 2012; Murillo y Marcos, 2009; So, 2009). En concreto, algunas investigaciones han mostrado que la interacción a través de foros virtuales crea oportunidades para el diálogo, fomenta la reflexión, permite la formación y reafirmación de significados, apoya la estructuración y organización de pensamientos y tiene un efecto positivo, tanto en el aprendizaje de los estudiantes como en la calidad de sus trabajos (por ejemplo, Cheng, Paré, Collimore y Joordens, 2011; Dymont y O'Connell, 2011; Hrastinski, Keller y Carlsson, 2010). Sin embargo, existe limitada evidencia de investigaciones en las que se analice el uso de foros virtuales para el aprendizaje de las matemáticas con estudiantes universitarios.

Por otro lado, las asignaturas universitarias relacionadas con matemáticas suelen tener como uno de sus principales objetivos que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos en diversos contextos. Por ejemplo, en algunas investigaciones se señala que poseer competencias matemáticas exige ser capaz de relacionar la matemática con situaciones de la vida real (Daher y Awawdeh, 2015; Kaiser y Schwarz, 2010).

El uso de la modelización matemática en las aulas universitarias puede cambiar la percepción de los estudiantes sobre la importancia de las matemáticas, así como apoyar la comprensión de los contenidos matemáticos vinculándolos con la realidad (Galbraith, 2012; Huincahue, Borromeo-Ferri y Mena-Lorca, 2018; Soon, Tirtasanjaya y McInnes, 2011). A través de la modelización, los estudiantes universitarios pueden entender cómo se originan muchos conceptos y estructuras matemáticas, así como sus aplicaciones (Alsina, 2007).

A pesar de que parece aceptada la conveniencia de involucrar a los estudiantes en el conocimiento de la modelización matemática, su implementación en el aula continúa siendo un problema urgente (Barquero, Bosch y Gascón, 2014). La enseñanza universitaria no suele fomentar la disposición de los estudiantes hacia la modelización matemática (Blum y Borromeo-Ferri, 2009; Verschaffel, Van Dooren, Greer y Mukhopadhyay, 2010).

Representar una situación de la vida real con un modelo matemático no es fácil para los estudiantes. Esto puede deberse a que, en la mayoría de los casos, la enseñanza de las matemáticas universitarias se basa en el estudio de técnicas de resolución donde predomina el enfoque algorítmico, con escasa vinculación con situaciones reales. En ese sentido, algunas investigaciones analizaron las dificultades que tienen los estudiantes universitarios para plantear modelos matemáticos. Esto puede deberse tanto al escaso conocimiento de la modelización matemática como a que sus conocimientos no siempre están suficientemente estructurados para distinguir qué información es relevante para, por ejemplo, comprender la situación que deben modelar, identificar variables, utilizar el conocimiento matemático para establecer la función adecuada y las técnicas y los procedimientos que se deben aplicar (Klymchuk, Zverkova, Gruenwald y Sauerbier, 2010); comprender las variables involucradas en el proceso y la relación entre ellas (Rowland, 2006; Soon et al., 2011); graficar y analizar la solución obtenida (Chaachoua y Sağlam, 2006). Soon et al. (2011) concluyeron que no se debe pedir a los estudiantes que modelen situaciones complejas, sino que es preferible avanzar en la comprensión del proceso de modelización matemática por medio de situaciones sencillas.

En este trabajo se analiza una experiencia realizada con estudiantes universitarios de ingeniería en la cual se implementaron foros virtuales para fomentar la interacción, la reflexión y el trabajo colaborativo. Los estudiantes, organizados en grupos, se comunicaron a través de foros virtuales para desarrollar un proyecto que integraba la modelización matemática en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales. Los objetivos eran: 1) analizar el nivel de interacción y el nivel de profundidad de los mensajes, y

2) analizar la influencia de los foros en las modificaciones que los estudiantes realizaron para mejorar el propio trabajo.

## ANTECEDENTES

Para clasificar las diferentes aproximaciones teóricas a la modelización matemática se han llevado a cabo diversos trabajos en educación matemática. Kaiser y Sriraman (2006) identificaron dos perspectivas principales, una centrada en la habilidad de los estudiantes para aplicar matemáticas en la resolución de problemas prácticos, y otra que ponía el énfasis en la habilidad de los estudiantes para establecer relaciones entre las matemáticas y la realidad. Posteriormente, Kaiser y Schwarz (2010) propusieron una nueva clasificación en la que resaltaron no solo los fines principales, sino también los antecedentes de cada perspectiva: realista, contextual, educativa, sociocrítica y cognitiva.

La perspectiva educativa integra la modelización en la enseñanza de las matemáticas, tanto como un medio de aprendizaje como una competencia importante por sí misma. Bajo esta perspectiva se han abordado cuestiones didácticas sobre metas educativas, justificaciones relacionadas con la modelización para la enseñanza en distintos niveles educativos, formas de organizar las actividades de modelización matemática en diversos planes de estudio de matemáticas, problemas relacionados con la implementación de la modelización en la práctica docente y problemas relacionados con la evaluación de las actividades de modelización (Blomhoj, 2009). Según la perspectiva educativa, una de las razones para enseñar la modelización matemática es que esta constituye un puente entre las experiencias reales de los alumnos y las matemáticas. Esto motiva el aprendizaje de los estudiantes y convierte las matemáticas en un medio para describir y comprender situaciones de la vida real (Blomhoj, 2004; 2009).

Por otro lado, la perspectiva cognitiva tiene como propósito principal comprender las funciones cognitivas que se activan en el estudiante al realizar actividades de modelización matemática. Con este fin, se deben analizar los procesos de modelización de los estudiantes para reconstruir sus rutas individuales a través del proceso de modelización en situaciones específicas. Esta perspectiva está estrechamente relacionada con la perspectiva educativa y el objetivo de desarrollar la competencia de modelización matemática (Borromeo-Ferri, 2006). Se puede considerar el aprendizaje de las competencias de modelización como investigación básica, mientras que la investigación bajo la perspectiva educativa, como ciencia aplicada.

En esta investigación se ha introducido la modelización matemática a través de foros virtuales entendidos como herramientas tecnológicas que favorecen la interacción, pues permiten que los estudiantes mantengan discusiones relacionadas con su proceso de aprendizaje en cualquier momento y lugar, cuenten con tiempo para estructurar y organizar sus pensamientos y puedan comunicarse simultáneamente o incluso participar en varias discusiones a la vez (Romero, López, Luna y Ventura, 2013). Durante la interacción en foros virtuales se pueden aportar nueva información y nuevas perspectivas de análisis, lo que puede promover conflictos que obliguen a reorganizar los esquemas cognitivos y desarrollar el razonamiento de los estudiantes de manera que descubran qué pueden hacer por sí mismos y qué pueden hacer con la ayuda de los demás (Biasutti, 2017; Sun y Gao, 2017). Sin embargo, pueden existir limitaciones para promover la interacción en los foros virtuales sin el estímulo activo del instructor para favorecer la cantidad y la calidad de los mensajes (Kim, 2013).

La comprensión de los procesos de aprendizaje que tienen lugar durante el desarrollo de las interacciones en foros virtuales ha sido objeto de diversas investigaciones. Inicialmente se centraron en el análisis de datos cuantitativos como, por ejemplo, la participación de los estudiantes, el número de registros realizados, la cantidad de mensajes o la secuencia de respuestas de un mensaje (Lucas, Gunawardena y Moreira, 2014). Posteriormente se incluyeron análisis del contenido de los mensajes que permitieron construir instrumentos para valorar su impacto en el aprendizaje (por ejemplo, Herrera y

Casado, 2015; Lucas y Moreira, 2011). Al respecto, el trabajo de Onrubia y Engel (2009), centrado en los procesos de construcción colaborativa del conocimiento de estudiantes universitarios cuando trabajaban en grupos y se comunicaban a través de foros virtuales, mostró que esta construcción se realizaba en cuatro fases: iniciación, exploración, negociación y construcción del conocimiento, en las que cada grupo adoptaba una estrategia particular durante el proceso.

## MARCO TEÓRICO

Los aspectos teóricos sobre los que se fundamenta esta investigación se presentan en dos apartados. En el primer apartado se describe la estrategia didáctica *matemática en contexto* (Camarena, 2004; 2009) a partir de la que se propuso, para esta investigación, un proceso de modelización matemática que permitiera representar una situación de la vida real con ecuaciones diferenciales. En el segundo apartado se expone el marco de análisis que se consideró en este trabajo para analizar el tipo de participación (Llinares y Valls, 2009) y el nivel de reflexión (Chamoso y Cáceres, 2009) en los mensajes en foros virtuales, así como la herramienta para estudiar la naturaleza de las modificaciones realizadas al propio trabajo a partir del proceso de reflexión (Cáceres, Chamoso y Azcárate, 2010).

### Matemática en contexto

La matematización de las situaciones que se presentan en el campo laboral del futuro ingeniero es un punto de conflicto cognitivo debido a que asistió a los cursos de matemáticas y de ingeniería de manera separada, lo que supone que, cuando utiliza ambas áreas de conocimiento, sus estructuras cognitivas están desvinculadas y debe integrarlas para matematizar la situación que se le presenta (Camarena, 2004). Debido a que existen pocas asignaturas en los programas de ingeniería que se enfoquen en la formulación de modelos matemáticos, Camarena (2009) propuso abordar la modelización matemática desde la vinculación existente entre las matemáticas y las ciencias, las matemáticas y la vida cotidiana, y las matemáticas y la actividad laboral y profesional del futuro ingeniero (Camarena, 2004). Se trata de construir en el estudiante una matemática para la vida, fundamentada en el uso de las matemáticas como herramienta de apoyo y como disciplina formativa a través de un proceso de enseñanza y aprendizaje concebido como un sistema donde intervienen diversos factores, principalmente, las características de los estudiantes, los conocimientos de los profesores, el tipo de asignatura y la didáctica que se emplea (Camarena, 2009).

La propuesta de Camarena (2009) incluye cinco fases que interactúan entre sí: *curricular, didáctica, epistemológica, formación de docentes y cognitiva*. La fase *didáctica* contempla un proceso metodológico para el desarrollo de las competencias profesionales con que se fomenta el desarrollo de las habilidades para la transferencia del conocimiento. Esta fase contiene la estrategia didáctica *matemática en contexto*, en la que se presentan a los estudiantes los conocimientos integrados a partir de cierta situación de otras disciplinas que, al tratar de resolverla, permite al alumno encontrar nuevos puntos de interés hacia las matemáticas, así como la necesidad de adquirir nuevos conocimientos.

La *matemática en contexto* desarrolla la teoría matemática de acuerdo con las necesidades y los ritmos que dictan los cursos de ingeniería, y contempla las siguientes etapas de modelización (Camarena, 2009): identificar los eventos contextualizados, plantear el evento contextualizado, determinar las variables y las constantes del evento, incluir los temas y conceptos matemáticos necesarios para el desarrollo del modelo matemático y solución del evento, determinar el modelo matemático, dar la solución matemática del evento, determinar la solución requerida por el evento, interpretar la solución en términos del evento y disciplinas del contexto y presentar una matemática descontextualizada.

## Interacción en foros virtuales

Llinares y Valls (2009) realizaron una investigación para describir las características de las interacciones en discusiones en línea, cuando estudiantes universitarios examinaban y analizaban la enseñanza de las matemáticas como un proceso para desarrollar las habilidades necesarias para aprender a partir de la práctica y construir conocimiento. Su perspectiva adoptada pone de manifiesto que el proceso de compromiso cognitivo se produce en el contexto de la interacción mientras se resuelve algún problema con cierta importancia para los participantes, que puede conllevar un diálogo en el que se proponen soluciones y se responde con ampliaciones, objeciones y contrapropuestas a las intervenciones previas.

El análisis de datos de Llinares y Valls (2009) se realizó en dos dimensiones: tipo de participación y dimensión epistémica. La dimensión de la participación se centró en la medida en que los estudiantes contribuyen al discurso y cómo contribuyen a este. Para determinar cómo se dedicaban a la construcción de significados entre sí, se consideró la secuencia de intercambios entre los participantes. El marco analítico para la dimensión de la participación consistió en un esquema de categorías que proporcionan una descripción de cómo participan los estudiantes al resolver las tareas asignadas en un entorno de aprendizaje (*aporta información, aclara, coincide, coincide y amplía, discrepa, discrepa y amplía*). Este marco proporciona información sobre el proceso en el que participan los estudiantes para realizar las tareas conjuntamente, cómo los estudiantes construyen nuevos significados y cómo utilizan las ideas como herramientas.

Una ventaja de los foros virtuales es que permiten construir una pausa en la comunicación, importante para la asimilación e integración de materiales, creatividad y conexión profunda entre estudiantes (Silva y Gros, 2007). Las interacciones en el aula están limitadas por el tiempo, el espacio y el número de estudiantes, buscando una respuesta rápida (Khourey-Bowers, 2005).

En este sentido, Chamoso y Cáceres (2009) analizaron la profundidad de las reflexiones de futuros maestros a partir de una categorización diseñada específicamente para la investigación, con los niveles *descripción, argumentación y aportación*. Concluyeron que el nivel de reflexión depende de la tarea que se realice: aquellas en las que los estudiantes se sentían más activamente involucrados se consiguieron niveles más altos de reflexión. Además, Cáceres, Chamoso y Azcárate (2010) proporcionaron una herramienta para analizar la forma como estudiantes universitarios, en grupos, mejoraban su trabajo previo basándose en la reflexión sobre su aprendizaje.

## METODOLOGÍA

La experiencia se realizó durante el desarrollo de la asignatura Ecuaciones Diferenciales, uno de los cursos de formación básica de Ingeniería en Sistemas Computacionales que se ofrece en la Escuela Superior de Cómputo (México). La asignatura tiene como objetivo que el alumno vincule el proceso de modelización matemática a situaciones de la vida real utilizando ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). Para el desarrollo de la asignatura se dispuso de una plataforma virtual basada en MOODLE.

Participaron 53 estudiantes organizados en dos cursos, 26 en el curso A (8 mujeres, 31 %, y 18 hombres, 69 %) y 27 en el curso B (6 mujeres, 22 %, y 21 hombres, 78 %). Ambos cursos fueron impartidos por el mismo profesor y bajo las mismas condiciones.

El desarrollo de la asignatura se organizó en sesiones teóricas y sesiones prácticas. Las sesiones teóricas incluían la formación sobre el proceso de modelización matemática con ecuaciones diferenciales (más detalle, Juárez, Chamoso, González y Rodríguez, 2015). Este proceso se basa en la *matemática en contexto* (Camarena, 2009) y comprende las siguientes etapas descritas en la tabla 1.

Tabla 1.  
Proceso de modelización matemática

<i>Etapa</i>	<i>Descripción</i>
1. Identificar variables y leyes	Determinar las variables responsables de los cambios y las hipótesis que describen la situación real.
2. Plantear la EDO	Proponer la ecuación diferencial correspondiente.
3. Establecer condiciones	Determinar las condiciones del problema.
4. Resolver la EDO	Calcular la solución general.
5. Aplicar condiciones	Aplicar las condiciones para calcular la solución particular.
6. Graficar solución	Expresar la solución particular con un gráfico.
7. Contestar pregunta original	Explicar el resultado en el contexto de la situación real.
8. Analizar resultado	Validar el resultado contrastándolo con datos conocidos.
9. Identificar modelo	Explicar otras posibles aplicaciones del modelo matemático.

Las sesiones prácticas incluían la realización de un *Proyecto* para plantear el modelo matemático de una situación de la vida real utilizando ecuaciones diferenciales. El *Proyecto* se llevó a cabo en 4 fases (tabla 2), para lo que se crearon dos foros: foro F1 y foro F2. En concreto, los grupos de estudiantes desarrollaron el modelo matemático de una situación real comunicándose mediante el foro F1 y, posteriormente, valoraron el trabajo realizado por otros (curso A) o por ellos mismos (curso B) comunicándose a través del foro F2. Cada foro permaneció activo durante 10 días. El profesor no participó en ninguno de ellos y los estudiantes no tenían experiencia previa en utilizar foros virtuales para el aprendizaje.

Tabla 2.  
Desarrollo del *Proyecto*

<i>Fase</i>	<i>Descripción</i>
1	Cada estudiante seleccionó un problema de la colección que debía saber resolver para superar la asignatura, disponible desde el inicio de este.
2	Los estudiantes se organizaron aleatoriamente en 5 grupos, de unos 5 integrantes, en cada curso A y B.
3	Se estableció un foro F1 a través de la plataforma virtual de la asignatura para que cada grupo eligiera un problema entre los seleccionados por cada integrante, lo adaptara a una situación real y lo resolviera utilizando ecuaciones diferenciales, teniendo en cuenta las etapas del proceso de modelización matemática. El proceso desarrollado debería reflejarse en una presentación electrónica en PowerPoint (presentación inicial, PI). Posteriormente, las PI se expusieron en el aula y quedaron a disposición de todos los estudiantes en la plataforma virtual de la asignatura.
4	Se implementó un foro F2 para que, por un lado, cada grupo valorara una de las presentaciones PI del curso, diferente de la propia, de manera que todas fueran seleccionadas (curso A), y por otro, para que cada grupo valorara su propia presentación PI (curso B). En ambos casos considerarían qué debería mejorarse para favorecer la comprensión del proceso de modelización matemática teniendo en cuenta la vinculación con el mundo real, utilizando EDO. Posteriormente, cada grupo, después de conocer los mensajes del foro F2, elaboró una presentación final (PF).

Los datos fueron, por un lado, los mensajes de los estudiantes en los foros F1 y F2 durante el desarrollo del *Proyecto*, y por otro, la presentación inicial (PI) y la presentación final (PF) de cada grupo. Los mensajes de los estudiantes en los foros F1 y F2 de cada grupo se dividieron en unidades de análisis (UA) en las que se expresaba una idea con significado. En total se consideraron 1.136 UA (de un

total de 1.271 UA de las que 135 fueron excluidas ya que contenían elementos ajenos al desarrollo del Proyecto) a partir de 647 mensajes.

La PI y la PF de cada grupo fueron valoradas por parte del profesor teniendo en cuenta las etapas del proceso de modelización matemática (tabla 1). En concreto, a cada etapa de la PI y la PF de cada grupo de estudiantes se asignó una valoración numérica en función de si lo hicieron con un tratamiento: (3) adecuado y justificado; (2) adecuado, pero sin justificación suficiente; (1) parcialmente adecuado con incorrecciones en algunos aspectos; (0) no se incluyó.

Para realizar el análisis, por un lado, cada UA se categorizó por el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* y, por otro, se consideró la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo*.

El *nivel de interacción* de las UA se analizó a partir del sistema de categorías de Llinares y Valls (2009; tabla 3; se incluyen ejemplos de los mensajes de los estudiantes).

Tabla 3.  
Sistema de categorías para analizar el *Nivel de interacción* de las UA

<i>Nivel</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>
Aporta información (1)	Aporta ideas o preguntas que no se han considerado previamente.	«El único ejercicio que es un problema de valores iniciales es el primero de la lista ya que tiene condiciones».
Interactúa (2)	Menciona ideas que han surgido de una aportación previa, ya sea aclarando, coincidiendo o discrepando.	«Pues sí, se podría utilizar la transformada de Laplace porque las condiciones iniciales están en cero, pero el procedimiento es más largo». «Coincido contigo en que este problema se debe resolver con el sistema masa-resorte».
Interactúa y amplía (3)	Amplía aspectos que han surgido en una aportación previa, ya sea coincidiendo o discrepando.	«De acuerdo, mi planteamiento está bien, no es necesario usar variación de parámetros ya que es una ecuación homogénea y lineal». «No sé, creo que el problema de equilibrio de Karen puede servir más porque la condición inicial está dada en cero».

El *nivel de profundidad* de las UA se analizó a partir del sistema de categorías de Chamoso y Cáceres (2009; tabla 4; se incluyen ejemplos de los mensajes de los estudiantes).

Tabla 4.  
Sistema de categorías para analizar el *nivel de profundidad* de las UA

<i>Nivel</i>	<i>Descripción</i>	<i>Ejemplos</i>
Descripción (1)	Describe aspectos relacionados con el desarrollo de la tarea, sin involucrarse.	«Pues estoy de acuerdo contigo, el problema del resorte tiene más aplicación en la vida cotidiana».
Argumentación (2)	Argumenta o justifica aspectos del desarrollo de la tarea.	«Creo que solo hay un problema que maneja una solución de un problema de valores iniciales (PVI) en nuestra lista, debido a que es el único en el que se nos da una condición inicial».
Aportación (3)	Realiza contribuciones con el fin de mejorar el desarrollo de la tarea.	«Podemos agregar más imágenes como por ejemplo el pez colgado, indicando puntos relevantes como la posición de equilibrio».

Los datos, en valores absolutos y porcentajes, se recogieron en tablas en función de las categorías consideradas y se compararon entre los cursos A y B mediante una prueba no paramétrica.

trica ji-cuadrada, para determinar si el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* dependían de la forma en que los estudiantes desarrollaban el *Proyecto* en cada curso A y B.

El análisis de la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizan al propio trabajo* se hizo, en primer lugar, considerando las modificaciones que hicieron al propio trabajo; en segundo lugar, relacionando la influencia del foro con las modificaciones que hicieron al propio trabajo, y, en tercer lugar, estableciendo la relación entre el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* con las modificaciones al propio trabajo.

En cuanto a las modificaciones que los grupos de estudiantes hicieron al propio trabajo, se consideraron las valoraciones del profesor a la PI y la PF de cada grupo. Esas valoraciones permitieron analizar la naturaleza de las modificaciones realizadas en cada PF respecto a su respectiva PI (basado en Cáceres, Chamoso y Azcárate, 2010; tabla 5).

Tabla 5.  
Plantilla de valoración de la naturaleza de las modificaciones de cada grupo en su PF respecto a su PI en cada etapa

<i>Naturaleza</i>	<i>Descripción</i>
4	Rehace completamente la etapa de nuevo.
3	Reorganiza completamente la etapa y quizá añade algunas cosas.
2	Reorganiza o modifica únicamente algunas partes de la etapa.
1	Añade nuevo conocimiento sin modificar ni reorganizar la etapa.
0	No realiza ninguna modificación a la etapa.

La influencia de los foros F1 y F2 en las modificaciones que cada grupo hizo al propio trabajo se hizo asignando las UA de los estudiantes en cada grupo a las etapas del proceso de modelización matemática a la que se refería, y se organizaron en tablas teniendo en cuenta si se consideraron en las respectivas PI y PF y la diferencia de valoración de la PF respecto a la PI (en valores absolutos y porcentajes, y en función de la cantidad de grupos que las tuvieron en cuenta o no). También se registró el número de grupos que aumentaron la nota en su PF considerando los mensajes en el foro.

Hay que señalar que los estudiantes, en sus mensajes, hicieron referencia a aspectos relacionados con el proceso de modelización matemática (un total de 519 UA), y a otros aspectos que no tenían relación con este pero sí con el desarrollo del *Proyecto* como, por ejemplo, elementos en el diseño de la presentación; estas últimas no se consideraron en este trabajo.

Finalmente, para determinar la relación entre el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de las UA de cada grupo con las modificaciones realizadas a cada PF respecto a su respectiva PI, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson.

## RESULTADOS

Se presentan los resultados de las interacciones de los estudiantes en los foros F1 y F2, en términos del *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad*, y, posteriormente, se recogen los resultados referidos a la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo*.

Referido al *nivel de interacción* de las UA de los estudiantes en los foros F1 y F2, los resultados se recogen en la tabla 6.

Tabla 6.  
Distribución de las UA de los grupos  
de estudiantes en los foros F1 y F2, según el *nivel de interacción*

<i>Foro</i>	<i>Aporta información</i> (1)	<i>Interacciona</i> (2)	<i>Interacciona y amplia</i> (3)	<i>Total</i>
F1	269 (31 %)	492 (57 %)	104 (12 %)	862 (100 %)
F2	92 (34 %)	160 (58 %)	22 (8 %)	274 (100 %)
Total	361 (32 %)	651 (57 %)	124 (11 %)	1.136 (100 %)

Los estudiantes, en general, al participar en los foros, alcanzaron principalmente un *nivel de interacción* medio, con escasas UA en el nivel alto. Comparando los cursos A y B, no existieron diferencias significativas en el *nivel de interacción* en el foro F1 [ $\chi^2(2) = 3,27$ ,  $p > 0,05$ ], pero sí en F2 [ $\chi^2(2) = 14,68$ ,  $p < 0,01$ ] (globalmente existieron diferencias significativas entre los cursos A y B [ $\chi^2(2) = 12,24$ ,  $p < 0,01$ ]), lo que sugiere que el *nivel de interacción* estuvo relacionado con la forma como los estudiantes desarrollaron el *Proyecto*.

Referido al *nivel de profundidad* de las UA de los estudiantes en los foros F1 y F2, los resultados se recogen en la tabla 7.

Tabla 7.  
Distribución de las UA de los grupos  
de estudiantes en los foros F1 y F2, según el *nivel de profundidad*

<i>Foro</i>	<i>Descripción</i> (1)	<i>Argumentación</i> (2)	<i>Aportación</i> (3)	<i>Total</i>
F1	601 (69 %)	155 (18 %)	106 (13 %)	862 (100 %)
F2	200 (73 %)	54 (20 %)	20 (7 %)	274 (100 %)
Total	801 (71 %)	209 (18 %)	126 (11 %)	1.136 (100 %)

La profundidad de las UA de los estudiantes, en general, se limitó a la descripción sin justificación ni aportación. Comparando los cursos A y B, no existieron diferencias significativas en el *nivel de profundidad* en el foro F1 [ $\chi^2(2) = 1,22$ ,  $p > 0,05$ ] ni en F2 [ $\chi^2(2) = 0,043$ ,  $p > 0,05$ ] (globalmente no existieron diferencias significativas entre los cursos A y B [ $\chi^2(2) = 0,82$ ,  $p > 0,05$ ]), lo que puede hacer entender que el *nivel de profundidad* no estuvo relacionado con la forma en que los estudiantes desarrollaron el *Proyecto*.

Respecto a la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo* se considera, en primer lugar, la naturaleza de las modificaciones realizadas en cada PF respecto a su PI (tabla 8).

Tabla 8.  
Distribución de la naturaleza de las modificaciones realizadas por los grupos en su PF respecto a su PI según las etapas del proceso de modelización matemática

Etapa	Naturaleza					Total de grupos que modificaron su PF
	0	1	2	3	4	
1. Identificar variables y leyes	8	1	1	0	0	2 (20 %)
2. Plantear la EDO	5	1	3	1	0	5 (50 %)
3. Establecer condiciones	6	0	2	1	1	4 (40 %)
4. Resolver la EDO	4	1	3	0	2	6 (60 %)
5. Aplicar condiciones	2	4	1	0	3	8 (80 %)
6. Graficar solución	0	0	2	0	8	10 (100 %)
7. Contestar pregunta original	5	0	0	0	5	5 (50 %)
8. Analizar resultado	2	0	1	0	7	8 (80 %)
9. Identificar modelo	9	0	0	0	1	1 (10 %)

Los grupos, en general, mejoraron la valoración de su PF respecto a su PI principalmente en las etapas *resolver la EDO*, *aplicar condiciones*, *graficar solución* y *analizar resultado*. En concreto, en la etapa *graficar solución*, todos los grupos hicieron modificaciones profundas que mejoraron completamente su PI. Respecto a las etapas *aplicar condiciones*, *resolver la EDO* y *plantear la EDO*, casi todos los grupos que no habían conseguido la máxima valoración en esa etapa en su PI mejoraron su presentación anterior pero no significativamente en todos los casos. Por el contrario, la etapa *identificar modelo* solo la modificó un grupo.

En segundo lugar, respecto a la influencia de cada F1 y F2 en las modificaciones que cada grupo hizo al propio trabajo, las UA se organizaron en tablas según las etapas del proceso de modelización matemática a las que hacían referencia teniendo en cuenta si se consideraron en cada respectivo PI y PF, y la relación con la diferencia de valoración de la PF respecto a la PI (tabla 9).

Tabla 9.  
Influencia de F1 y F2 en las modificaciones realizadas al propio PI para conseguir la PF en función de la diferencia de valoración de la PF respecto a la PI en cada etapa

Etapas del proceso de modelización matemática	Foro 1				Foro 2				
	Consideradas		Sin considerar	Total	Consideradas			Sin considerar	Total
	PI	PF			Diferencia valoración				
			1	2	3				
1. Identificar variables y leyes	15	6	28	49 (16 %)	0	1 (1)	0	7	8 (4 %)
2. Plantear la EDO	26	0	0	26 (8 %)	0	8 (4)	0	15	23 (11 %)
3. Establecer condiciones	38	25	21	84 (27 %)	0	10 (3)	4 (1)	1	15 (7 %)
4. Resolver la EDO	60	2	1	63 (20 %)	5 (1)	10 (3)	16 (2)	29	60 (29 %)
5. Aplicar condiciones	3	2	0	5 (1 %)	4 (1)	0	2 (1)	2	8 (4 %)

Etapas del proceso de modelización matemática	Foro 1				Foro 2				
	Consideradas		Sin considerar	Total	Consideradas			Sin considerar	Total
	PI	PF			Diferencia valoración				
			1	2	3				
6. Graficar solución	0	4	1	5 (2 %)	0	5 (2)	50 (7)	0	55 (27 %)
7. Contestar pregunta original	4	4	1	9 (3 %)	0	0	2 (2)	0	2 (1 %)
8. Analizar resultado	0	7	14	21 (7 %)	2 (1)	0	6 (2)	0	8 (4 %)
9. Identificar modelo	0	1	50	51 (16 %)	0	0	0	27	27 (13 %)
Total	146 (47 %)	51 (16 %)	116 (37 %)	313 (100 %)	11 (5 %)	34 (17 %)	80 (39 %)	81 (39 %)	206 (100 %)

En términos de la tabla 9, por ejemplo, para entender la fila de la etapa *resolver la EDO*, hubo 63 UA en F1 (20 % del total de UA), de las cuales 60 fueron consideradas por los grupos al elaborar su PI, 2 al elaborar su PF y 1 no se consideró. En F2 hubo un total de 60 UA (29 % del total de UA), de las cuales un grupo consideró 5 UA y aumentó en 1 la valoración en su PF, 3 grupos tuvieron en cuenta 10 UA y aumentaron en 2 la valoración en su PF y 2 grupos consideraron 16 UA y aumentaron en 3 la valoración en su PF; 29 UA no fueron consideradas por los grupos al elaborar su PF.

Las etapas que más se mencionaron en F2, en porcentaje, fueron *resolver la EDO* y *graficar solución*, aunque también *identificar modelo* y *plantear la EDO*. Se observa que las mayores modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron en su PF respecto a la PI se correspondieron con algunas de las etapas que más se mencionaron en los foros, es decir, *resolver la EDO* y *graficar solución*. Sin embargo, los foros no siempre tuvieron esa influencia ya que, por ejemplo, la siguiente etapa más mencionada, *identificar modelo*, no aumentó su valoración en PF. En otro sentido, la etapa *aplicar condiciones* fue una de las que más modificaciones tuvieron, pero también una de las que menos se mencionaron en el foro. Esto conduce a considerar que la frecuencia de los aspectos comentados pareció influir en la diferencia de la valoración de la PF respecto a la PI, pero no siempre, lo que requiere más investigación. Además, ninguno de los grupos incluyó la etapa *analizar resultado* en su PI, pero sí lo hicieron en su PF a pesar de las escasas aportaciones referidas a esa etapa en el foro. Quizá la frecuencia no fue lo más importante en todos los casos, sino que influyó la calidad, algo que se debería investigar en el futuro.

Por otro lado, algunos aspectos mencionados por los estudiantes en el F1 no se tuvieron en cuenta para elaborar la PI, pero sí lo hicieron en la PF. Por ejemplo, un estudiante sugirió en el F1 comprobar físicamente la solución de la EDO: «Pues considero que podríamos armar un circuito con los elementos del problema: un capacitor, un resistor y un inductor, usar un generador de funciones y un osciloscopio y observar cómo se comporta la corriente en el circuito a través de este». En la PI no se tuvo en cuenta esta consideración, pero en la PF se incluyeron gráficas de la solución observada en un osciloscopio en el laboratorio de electrónica. Esto puede indicar que, en algunos casos, el efecto de los foros no se produjo de forma inmediata, sino a medio plazo.

En tercer lugar, en el curso B, la relación entre el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de las aportaciones de los estudiantes en los foros con las modificaciones que los grupos hicieron para mejorar sus PI mostraron diferencias significativas, por un lado, entre el *nivel de interacción* más alto, *interacciona y amplía*, con el nivel más alto de modificación de la valoración de PF respecto a PI, 3, ( $r = 0,829^*$ ) y, por otro, entre el *nivel de profundidad* más alto, *aportación*, con el nivel más alto de modificación de PF respecto a PI, 3 ( $r = 0,841^*$ ), lo que puede significar que, a mayor *nivel de inte-*

*racción y nivel de profundidad*, se realizaron más modificaciones con un tratamiento adecuado y más modificaciones con profundidad en las PI, aunque no siempre.

## DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación que se presenta se basaron en una experiencia con estudiantes universitarios de ingeniería que, en grupos, debían desarrollar un proyecto que integraba la modelización matemática para acercar el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales a la realidad y para el que se utilizaron foros virtuales con el fin de fomentar la interacción, la reflexión, el trabajo colaborativo y la mejora del propio trabajo. Esta forma de trabajo no siempre es usual en los estudios de ingeniería y podría utilizarse, de esa forma o adaptada en algún sentido, como elemento de innovación o de investigación con objetivos similares o diferentes. La modelización matemática basada en la *matemática en contexto* permitió estructurar los diferentes contenidos del programa de ecuaciones diferenciales, lo cual puede ser objetivo de futuras investigaciones.

La investigación realizada permite entender que los foros virtuales podrían ayudar a que los estudiantes universitarios reflexionen sobre sus ideas, cuestionen conceptos y doten de significado a sus planteamientos, algo que coincide con trabajos previos (por ejemplo, Murillo y Marcos, 2009). Además, aunque una discusión a través de foros virtuales no permite la comunicación presencial, en este trabajo no impidió que los alumnos, en sus mensajes, comunicaran características gráficas, numéricas o algebraicas de conceptos matemáticos.

Sin embargo, la mayor parte de los mensajes de los estudiantes fueron de un *nivel de interacción* medio, resultados similares a los obtenidos por Llinares y Valls (2009), lo que confirma que una discusión mediada por foros virtuales no supone alcanzar un alto *nivel de interacción* en cualquier circunstancia y varía en función de la tarea que se desarrolla. Comparando los resultados del *nivel de interacción* entre los cursos A y B, en el F1 fueron similares, mientras que los del F2 reflejaron diferencias significativas, donde el *nivel de interacción* más alto se alcanzó cuando los grupos de estudiantes valoraron su propio trabajo frente a los que valoraron el de otros, lo cual abre una futura línea de trabajo para analizar si esos resultados son similares con los de otros estudiantes y otras tareas, e incluso en diferentes contextos, y analizar las circunstancias en que se produjeron.

En términos del *nivel de profundidad* de los mensajes de los estudiantes, en su mayor parte describieron aspectos sin involucrarse y apenas argumentaron o realizaron aportaciones a pesar de que tenían suficientes conocimientos para hacerlo, resultados que corroboran otros estudios en contextos universitarios (por ejemplo, Chamoso y Cáceres, 2009). En este sentido, este trabajo también se podría haber complementado con un estudio de casos de algunos grupos de estudiantes para analizar, por ejemplo, si el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de los mensajes se modificaron según avanzaba su desarrollo del *Proyecto*. Por otro lado, los mensajes de los estudiantes quizá se podrían haber completado con notas de observación de clase o entrevistas a algunos estudiantes para conseguir indicios de su pensamiento.

Referido a la *influencia del foro en las modificaciones que los grupos de estudiantes realizaron al propio trabajo*, los mensajes en los foros basados en la interacción, la reflexión y el trabajo colaborativo durante el desarrollo del *Proyecto* permitieron que los estudiantes replantearan sus propias PI para mejorarlas y darles más consistencia en términos de las etapas del proceso de modelización matemática. Quizá, en ese sentido, pudo tener influencia que se tratase de la mejora del propio trabajo, algo que puede considerarse en futuras investigaciones.

De hecho, casi la totalidad de los grupos modificaron su PI en más de la mitad de las etapas. Sin embargo, la influencia de los foros no siempre fue efectiva de manera inmediata, ya que algunos men-

sajes de los estudiantes en el foro F1 no se correspondieron con modificaciones en su PI, pero sí lo hicieron con modificaciones en su PF. Esto pudo deberse a que los estudiantes no supieron considerar los mensajes en el foro en el momento de conocerlos, pero lo hicieron posteriormente para mejorar su PF quizá porque los tuvieron en mente o porque los revisaron a través de la plataforma virtual. Analizar la influencia de los foros en las modificaciones del propio trabajo a medio plazo puede ser objetivo de futuras investigaciones.

En concreto, una de las etapas del proceso de modelización matemática en la que los grupos hicieron mayores modificaciones en su PF fue la que más se mencionó en los foros, *graficar solución*. Aunque los mensajes de los estudiantes en el F1 apenas tuvieron influencia en su PI en esa etapa, sí la tuvieron en su PF. Que esos mensajes no se tuvieran en cuenta en su PI pudo deberse a que los estudiantes estaban acostumbrados a utilizar métodos analíticos de resolución, donde el aspecto gráfico suele estar ausente, pero posteriormente este aspecto fue reconsiderado. Quizá sí, en las sesiones de aula, se hubiera hecho énfasis en la utilización coordinada de enfoques gráficos, numéricos y analíticos, o en la utilización de un software, los estudiantes podrían haberlo considerado (como sugiere, por ejemplo, Chaachoua y Saglam, 2006).

Llama la atención que la mayoría de los grupos de estudiantes no concedieran importancia al hecho de identificar las variables involucradas al construir un modelo matemático, así como a las leyes que gobiernan la situación real, aunque algunos lo mencionaron en sus mensajes como un aspecto que se debía considerar. Estos aspectos, que pueden parecer básicos, es posible que evidencien una dificultad de comprensión, lo que corrobora los resultados de algunas investigaciones que analizaron las dificultades que afrontan los estudiantes al traducir una situación cotidiana en un problema matemático y donde se produce una escasa comprensión al identificar las variables y constantes del sistema (por ejemplo, Rowland, 2006; Klymchuk et al., 2011; Soon et al., 2011). Que la etapa *identificar modelo* solo la modificara un grupo podría significar la dificultad de entender la diferencia entre crear un modelo de algo y crear un modelo para algo, en este caso para la vida real.

En otro sentido, esta investigación se focalizó en el trabajo de los estudiantes sin que el profesor interviniera en los mensajes en los foros. Es posible que las escasas aportaciones en las que los estudiantes interaccionaron y ampliaron sus puntos de vista con sus compañeros podrían haber sido más numerosas si el profesor, durante el desarrollo del foro, hubiera intentado que adquirieran confianza, por ejemplo, preguntándoles qué saben, qué necesitan saber y cómo podrían avanzar en su trabajo. El papel del instructor en una actividad mediada con foros virtuales es importante (Kim, 2013) y podría ser objeto de futuras investigaciones.

## CONCLUSIONES

Los mensajes de los estudiantes en los foros virtuales mostraron, en general, un *nivel de interacción* medio y un *nivel de profundidad* bajo. El *nivel de interacción* de los mensajes de los estudiantes varió en términos de las tareas desarrolladas en los foros, mientras que no lo hizo el *nivel de profundidad*.

Parece que los foros tuvieron influencia en algunas de las modificaciones que los estudiantes realizaron a sus trabajos, aunque esto no fue así en todos los casos. Además, esta influencia no siempre lo fue de manera inmediata, ya que algunas se tuvieron en cuenta en su PI mientras que otras lo hicieron en su PF. La frecuencia de los aspectos mencionados en los foros pudo haber influido en las modificaciones que los estudiantes realizaron a sus trabajos, aunque no siempre. Algunos grupos de estudiantes que mostraron un *nivel de interacción* y un *nivel de profundidad* mayor en sus mensajes fueron los que más modificaron sus trabajos, lo que permite abrir futuras investigaciones en este sentido.

Como limitaciones del estudio, las herramientas utilizadas para analizar el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de los mensajes de los estudiantes, y las herramientas que fueron adaptadas para analizar las modificaciones realizadas al propio *Proyecto*, necesitarían más experimentación. Además, hay que tener en cuenta que los estudiantes y el profesor que participaron en la experiencia no estaban familiarizados con el uso de foros virtuales para desarrollar actividades académicas.

Una de las implicaciones educativas que puede derivarse de este trabajo es que los foros virtuales pueden considerarse como herramientas para desarrollar actividades que promuevan la interacción entre estudiantes y la mejora del propio trabajo y, a la vez, que los profesores puedan valorar las habilidades de pensamiento de los alumnos. Para ello, este estudio puede proporcionar un método para analizar y valorar los mensajes de los estudiantes en foros virtuales al desarrollar un proyecto u otras tareas, en términos de su interacción y profundidad, así como las revisiones que realizan de sus propios trabajos ante las escasas investigaciones previas en el contexto de matemáticas en cursos universitarios.

Sin embargo, hay que señalar que este tipo de investigación en el contexto de la educación universitaria, concretamente en ingeniería, no es habitual. Aunque se aportan algunas respuestas, se generan nuevos interrogantes que podrían suscitar nuevas perspectivas como, por ejemplo, realizar un estudio posterior en condiciones similares donde el profesor tenga un papel significativo en el desarrollo del foro, lo que podría aportar resultados diferentes. También podría llevarse a cabo el mismo estudio en un periodo más largo de tiempo o en el mismo tiempo, proponiendo que los estudiantes escriban sus reflexiones sobre su trabajo para analizar si mejoran el *nivel de interacción* y el *nivel de profundidad* de sus mensajes. La investigación también podría repetirse utilizando otras herramientas tales como chats o blogs, y comparar con los resultados obtenidos al usar foros virtuales. Otra posibilidad sería considerar que los estudiantes realizaran un proyecto de manera individual para comparar los resultados conseguidos al revisar el propio proyecto.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha desarrollado al amparo de RED8-Educación matemática y formación de profesores (EDU2016-81994-REDT), Proyecto Erasmus+Unión Europea (2017-1-ES01-KA203-038491), Proyecto del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (PGC2018-100758-B-100) y Proyecto de la Universidad de Salamanca (18.K133 USAL).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsina, C. (2007). Teaching applications and modelling at tertiary level. En W. Blum, P. L. Galbraith, H-W, Henn y M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education. The 14th ICMI Study* (pp. 469-474). Boston, MA: Springer.
- Barquero, B., Bosch, M. y Gascón, J. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 83-100.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.933>
- Biasutti, M. (2017). A comparative analysis of forums and wikis as tools for online collaborative learning. *Computers and Education*, 111, 158-171.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.006>
- Blomhoj, M. (2004). Mathematical modelling. A theory for practice. En B. Clarke (Ed.), *International perspectives on learning and teaching mathematics* (pp. 145-159). Gotemburgo: National Center for Mathematics Education.

- Blomhøj, M. (2009). Different perspectives in research on the teaching and learning mathematical modelling. En M. Blomhøj y S. Carreira (Eds.), *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics* (pp. 1-17). Dinamarca: Roskilde University.
- Blum, W. y Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45-58.
- Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modelling process. (*ZDM*), *The International Journal on Mathematics Education*, 38(2), 86-95.  
<https://doi.org/10.1007/BF02655883>
- Cáceres, M. J., Chamoso, J. y Azcárate, P. (2010). Analysis of the revisions that pre-service teachers of mathematics make of their own project included in their learning portfolio. *Teaching and Teacher Education*, 26, 1186-1195.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.01.003>
- Camarena, P. (2004). La matemática en el contexto de las ciencias. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 17(1), 57-61.
- Camarena, P. (2009). Mathematical models in the context of sciences. En M. Blomhøj y S. Carreira (Eds.), *Mathematical applications and modelling in the teaching and learning of mathematics* (pp. 117-131). Dinamarca: Roskilde University.
- Chaachoua, H. y Saglam, A. (2006). Modelling by differential equations. *Teaching Mathematics and its Applications*, 25(1), 15-22.  
<https://doi.org/10.1093/teamat/hri024>
- Chamoso, J. y Cáceres, M. J. (2009). Analysis of the reflections of student-teachers of mathematics when working with learning portfolios in Spanish university classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 25, 198-206.  
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.09.007>
- Cheng, C. K., Paré, D. E., Collimore, L. M. y Joordens, S. (2011). Assessing the effectiveness of a voluntary online discussion forum on improving students course performance. *Computers and Education*, 56(1), 253-261.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.024>
- Daher, W. y Awawdeh, J. (2015). Pre-service teachers' modelling processes through engagement with model eliciting activities with a technological tool. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(1), 25-46.  
<https://doi.org/10.1007/s10763-013-9464-2>
- Dyment, J. y O'Connell, T. (2011). Assessing the quality of reflection in student journals: a review of the research. *Teaching in Higher Education*, 16(1), 81-97.  
<https://doi.org/10.1080/13562517.2010.507308>
- Galbraith, P. (2012). Models of modelling: Genres, purposes or perspectives. *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(5), 3-16.
- Herrera, M. A. y Casado, J. (2015). Interaction analysis of a blog/journal of teaching practice. *Internet and Higher Education*, 27, 32-43.  
<https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.05.003>
- Hrastinski, S., Keller, C. y Carlsson, S. (2010). Design exemplars for synchronous e-learning: A design theory approach. *Computers and Education*, 55, 652-662.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.025>
- Huinchahue, J., Borromeo-Ferri, R. y Mena-Lorca, J. (2018). El conocimiento de la modelización matemática desde la reflexión en la formación inicial de profesores de matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 99-115.  
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2277>

- Juárez, J., Chamoso, J., González, M. y Rodríguez, M. (2015). Diseño de una experiencia con foros virtuales en un curso de matemáticas para ingenieros. En Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León (Ed.), *Las nuevas metodologías en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas* (pp. 399-405). Segovia: Junta de Castilla y León.
- Jyothi, S., McAvinia, C. y Keating, J. (2012). A visualisation tool to aid exploration of students interactions in asynchronous online communication. *Computers and Education*, 58(1), 30-42.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.026>
- Kaiser, G. y Schwarz, B. (2010). Authentic modelling problems in mathematic-examples and experiences. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 51-76.  
<https://doi.org/10.1007/s13138-010-0001-3>
- Kaiser, G. y Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. (*ZDM*), *The International Journal on Mathematics Education*, 38(3), 302-310.  
<https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- Kim, J. (2013). Influence of group size on students' participation in online discussion forums. *Computers and Education*, 62, 123-129.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.025>
- Klymchuk, S., Zverkova, T., Gruenwald, N. y Sauerbier, G. (2010). Increasing engineering students' awareness to environment through innovative teaching of mathematical modelling. *Teaching Mathematics and its Applications*, 27(3), 123-130.  
<https://doi.org/10.1093/teamat/hrn007>
- Khourey-Bowers, C. (2005). Emergent reflective dialogue among preservice teachers mediated through a virtual learning environment. *Journal of Computing in Teacher Education*, 21(4), 85-90.
- Llinares, S. y Valls, J. (2009). The building of pre-service primary teachers' knowledge of mathematics teaching: interaction and online video case studies. *Instructional Science*, 37, 247-271.  
<https://doi.org/10.1007/s11251-007-9043-4>
- Lucas, M., Gunawardena, C. y Moreira, A. (2014). Assessing social construction of knowledge online: A critique of the interaction analysis model. *Computers in Human Behavior*, 30, 574-582.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.050>
- Lucas, M. y Moreira, A. (2011). Using social web tools for knowledge construction. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 3(2), 151-161.  
<https://doi.org/10.1504/IJTEL.2011.039399>
- Murillo, R. y Marcos, G. (2009). Un modelo para potenciar y analizar las competencias geométricas y comunicativas en un entorno interactivo de aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 27(2), 241-256.
- Onrubia, J. y Engel, A. (2009). Strategies for collaborative writing and phases of knowledge construction in CSCL environments. *Computers and Education*, 53(4), 1256-1265.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.008>
- Romero, C., López, M. I., Luna, J. M. y Ventura, S. (2013). Predicting students' final performance from participation in on-line discussion forums. *Computers and Education*, 68, 458-472.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.06.009>
- Rowland, D. R. (2006). Student difficulties with units in differential equations in modelling contexts. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37(5), 553-558.  
<https://doi.org/10.1080/00207390600597690>
- Silva, J. y Gros, B. (2007). Una propuesta para el análisis de interacciones en un espacio virtual de aprendizaje para la formación continua de los docentes. *Revista Electrónica Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 8(1), 81-105.

- So, H. J. (2009). When groups decide to use asynchronous online discussions: collaborative learning and social presence under a voluntary participation structure. *Journal of Computers Assisted Learning*, 25, 143-160.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2008.00293.x>
- Soon, W., Tirtasanjaya, L. y McInnes, B. (2011). Understanding the difficulties faced by engineering undergraduates in learning mathematical modelling. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42(8), 1023-1039.  
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2011.573867>
- Sun, Y. y Gao, F. (2017). Comparing the use of a social annotation tool and a threaded discussion forum to support online discussions. *Internet and Higher Education*, 32, 72-79.  
<https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2016.10.001>
- Verschaffel, L., Van Dooren, W., Greer, B. y Mukhopadhyay, S. (2010). Reconceptualising word problems as exercises in mathematical modelling. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 31, 9-29.  
<https://doi.org/10.1007/s13138-010-0007-x>

---

# Interaction in virtual forums by integrating mathematical modelling to train engineers

Jazmín Adriana Juárez Ramírez

Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela Superior de Cómputo.  
Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México  
jjuaresr@ipn.mx

José María Chamoso Sánchez, María Teresa González Astudillo

Departamento de Didáctica de la Matemática y Didáctica de las Ciencias Experimentales  
Universidad de Salamanca, Salamanca, España  
jchamoso@usal.es, maite@usal.es

Virtual forums have been used in the educational field to foster collaborative learning, reflection, thought structuring and knowledge acquisition. It has been shown that interaction through virtual forums has a positive effect, both upon the learning of students and on the quality of their work. On the other hand, teaching mathematical modelling in university courses can change students' perception of mathematics. However, its implementation in the classroom remains an urgent problem, since the university lectures on mathematics are mainly based on the study of resolution techniques with low relation to real situations.

This paper presents a study carried out with 53 students of Computer Systems Engineering in two courses (A and B) organized in groups. Virtual forums were implemented to develop a project and integrate mathematical modelling in the learning of differential equations. The research aimed to analyze both the *level of interaction* and the *level of depth* of the students' messages, as well as the *Influence of the forums on the modifications that the students made to improve their own work*. This study was based on the didactic strategy of mathematics in context to propose a process of mathematical modelling that would allow to represent a real-life situation with differential equations.

As part of the experience, students developed the mathematical model of a real situation by communicating through a forum F1 and made an electronic presentation (Initial Presentation, PI) of their work. Later, they valued the work done by other students (Course A) or by themselves (Course B) communicating through a forum F2 and from these assessments they elaborated a Final Presentation (PF). The data consisted of the students' messages in the forums, as well as the Initial Presentation (PI) and the Final Presentation (PF) of each group, which were assessed according to the stages of the mathematical modelling process. The students' messages in the forums, for each group, were divided into units of analysis (UA) in which an idea with meaning was expressed. A numerical assessment was assigned to each stage of PI and PF for each group of students depending on how they performed. To carry out the analysis each UA was categorized according, on the one hand, to the *Level of Interaction* and the *Level of Depth* and, on the other hand, to the *Influence of the forums on the modifications that the students made to improve their own work*.

The results showed that the students' messages in the virtual forums presented, in general, a medium *Level of Interaction* and a low *Level of Depth*. The *Level of Interaction* of the students' messages varied in terms of the tasks developed, not the *Level of Depth*. It seems that the forums influenced some of the modifications that the students made in their work, although this was not always the case. Moreover, this influence was not always immediate, as some of them were taken into account in the PI while others did in the PF. The frequency of the aspects mentioned in the forums may have influenced the modifications that the students made to their work, although not always. Some groups of students who showed a high *level of interaction* and a high *level of depth* in their messages were the ones who most modified their work, which opens up for future research in this regard.

One of the educational implications that can be derived from this research work is that virtual forums can be considered as tools to develop activities that promote interaction between students and the improvement of one's work and, at the same time, teachers can value the thinking skills of students.