

# Taller de preparación de problemas por estudiantes: planteamiento, solución y evaluación aplicado a la materia de transmisión de calor

## Student-Written Problems: approach, solution and evaluation applied on heat transfer subject

José Antonio Calles Martín, Rosalía Rodríguez Escudero  
joseantonio.calles@urjc.es, rosalia.rodriguez@urjc.es

Departamento de Tecnología Química,  
Energética y Mecánica. ESCET.  
Universidad Rey Juan Carlos,  
Madrid, España

**Resumen**-En este trabajo se muestran los resultados obtenidos al aplicar metodologías activas basadas en la participación dinámica del alumno para mejorar su implicación en el proceso de aprendizaje. En concreto se planteó una actividad de aprendizaje basado en problemas, trabajando en equipos de forma cooperativa/colaborativa y haciendo que se evaluaran entre pares. Los alumnos tienen que plantear problemas originales, resolver los problemas propuestos por otros grupos y finalmente evaluar tanto los problemas propuestos, como la solución realizada por otros grupos. A partir de los resultados académicos obtenidos y de la opinión de los alumnos de la encuesta de satisfacción realizada se puede afirmar que se consiguió aumentar la motivación y las calificaciones de los alumnos.

**Palabras clave:** *Diseño/solución/evaluación de problemas, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje cooperativo/colaborativo, evaluación por pares, transmisión de calor.*

**Abstract**- This work presents the results obtained when using student-centered active methodologies to enhance their motivation and involvement in the learning process. Thus, an activity of problem-based learning was implemented, where students worked collaboratively in teams and evaluated each other's work. Students were required to propose original problems of Heat Transfer, solve the problems presented by other groups, and evaluate both the proposed problems and the solutions provided by other groups. The academic results obtained, and the satisfaction survey carried out to the students indicate that motivation and academic performance were improved.

**Keywords:** *problem design/solving/assessment, problem-based learning, cooperative/collaborative learning, peer evaluation, heat transfer.*

### 1. INTRODUCCIÓN

Un problema importante en la docencia de grados en el ámbito de la ingeniería es la baja implicación de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Las razones son diversas, pero principalmente se debe a la falta de motivación de los alumnos, lo que conduce a que tengan un rol pasivo en su aprendizaje. En el caso particular de materias instrumentales y transversales, como Transmisión de Calor, los contenidos no son especialmente difíciles de asimilar. Sin embargo, estas materias requieren el desarrollo de la capacidad de los alumnos para

aplicar los contenidos teóricos a la resolución de problemas reales y complejos. El número y tipo de problemas es muy variado, no existiendo problemas “tipo” que ellos puedan aprender a resolver de forma automática. Por ello, los alumnos ven esta tarea tediosa y se desmotivan.

Para intentar resolver esta situación se propone introducir nuevas metodologías que animen a los alumnos a involucrarse en el proceso de aprendizaje. En este sentido se pretende reemplazar, al menos parcialmente, el enfoque tradicional y utilizar técnicas activas dirigidas al alumno, de forma que asuma el papel principal en el proceso de aprendizaje. Algunas de estas metodologías son: el aprendizaje basado en problemas y aprendizaje cooperativo y colaborativo (Ballesteros et al., 2019, Loyens et al., 2023, Møgelvang et al., 2023).

La utilización de ejercicios propuestos en libros de texto ayuda a los estudiantes a desarrollar su habilidad para resolver problemas. Sin embargo, recientemente han aparecido manuales de solución en línea de problemas, que simplifica a los alumnos su solución e impide que desarrollen las destrezas buscadas. Por ello, se consideró más interesante que sean los propios alumnos los que propongan y resuelvan los problemas entre ellos (Asogwa, et al. 2023). El aprendizaje cooperativo se usa habitualmente como parte de las metodologías basadas en problemas, haciendo que los alumnos trabajen en grupos en lugar de individualmente, en la consecución de una actividad común, el planteamiento y/o solución de un problema (Turan et al., 2012). El aprendizaje colaborativo es parecido, pero tiene algunas diferencias puesto que los alumnos pueden trabajar de forma independiente y combinar sus aportaciones, mientras que en el cooperativo fomenta el intercambio activo de ideas. Esta forma de trabajar redundante en un menor sentimiento de frustración de los miembros del grupo cuando el trabajo no sale como lo esperado, fomenta la autoestima, promueve la diversidad, potencia el pensamiento crítico y otras destrezas de alto nivel (Yang, 2023).

Adicionalmente se usará también la evaluación por pares. Esta técnica combinada con el aprendizaje colaborativo es una de las opciones que más motiva la participación de los alumnos. Además, la evaluación por pares aplicada a la resolución de problemas contribuye a mejorar las destrezas cognitivas y

emocionales, solicitando a los alumnos que realicen evaluaciones de tareas y del trabajo realizado por otros (Kweon et al. 2023).

Por todo ello, en el presente trabajo se decidió utilizar una actividad basada en la resolución de problemas, trabajando de forma colaborativa en grupos de alumnos e introduciendo la evaluación entre pares para aumentar la motivación, implicación y el nivel de destrezas adquirido.

## 2. CONTEXTO Y DESCRIPCIÓN

El objetivo de la actividad consiste en facilitar que los alumnos mejoren sus destrezas y el aprendizaje de solución de problemas en la materia de Transmisión de Calor motivándoles a que se impliquen en proceso de aprendizaje planteando, resolviendo y evaluando problemas elaborados por ellos mismos. La actividad se realizó en la asignatura: "Ingeniería Energética y Transmisión de Calor" de 6 ECTS impartida en el primer semestre del tercer curso del grado de Ingeniería Química. El taller se planteó como actividad voluntaria, se realizó en grupos y fue evaluada y tomada en cuenta en la calificación final de la asignatura, con un 20% de ponderación en la calificación final. Se organizaron 12 grupos de 4 alumnos y no se asignó ningún rol particular a cada integrante del grupo.

La actividad consistió en un taller en el que los alumnos deberán: i) proponer un enunciado de un problema original de un tema de la asignatura elegido por ellos mismos, ii) resolver un problema propuesto por otro grupo y iii) evaluar tanto el enunciado realizado por dicho grupo como la solución del problema propuesto por ellos mismos. El taller tiene cinco fases tal y como se esquematiza en la Figura 1:

1. Fase I: Propuesta de un problema. Todos los grupos participantes propondrán un problema original de algún tema de la asignatura según un modelo (M1). El problema debe tener solución única, estar correctamente especificado, aportar todos los datos necesarios, así como la información que permita abordar su solución y debe estar adecuado al nivel de profundidad impartido en clase.

2. Fase II: Solución de un problema. Cada grupo tendrá que resolver un problema planteado por otro grupo siguiendo el modelo (M2). La solución deberá incluir los esquemas necesarios para su solución, las hipótesis y simplificaciones, si fuera el caso, utilizadas para su solución, el detalle de los cálculos realizados y los resultados, conclusiones y análisis que se pidan de forma explícita en el enunciado.

3. Fase III: Evaluación de propuestas y soluciones. Cada grupo realizará dos evaluaciones, sobre:

- la propuesta del problema que se le asigne para resolver utilizando una rúbrica (R1) en la que se evaluará la originalidad, adecuación a los contenidos impartidos, la claridad del enunciado y la complejidad del problema.
- la solución que otro grupo haya realizado del problema propuesto por su grupo siguiendo una rúbrica (R2) en la que se valorará el análisis realizado, la solución detallada y la corrección de los resultados y conclusiones obtenidos.

Las rúbricas contendrán dos partes: una con preguntas concretas, con respuestas cerradas a elegir entre varias opciones y otra, con formato libre para hacer observaciones donde se incluirán comentarios con retroalimentación positiva y sugerencias de mejora. En el caso de los problemas propuestos,

para que el grupo proponente pueda modificar el enunciado si lo considera oportuno. En el caso de la solución realizada, para que comprueben si su resolución fue correcta. Las evaluaciones serán anónimas y se comunicarán a los grupos evaluados.

4. Fase IV: Entrega final del enunciado propuesto con la solución detallada. Los grupos que hayan realizado la propuesta inicial de problema entregarán las versiones definitivas de los mismos, usando un modelo (M3). En esta versión final, se incluirán las modificaciones realizadas, si fuera el caso, o la versión original, pero incluyendo la solución correcta y completa del problema.

5. Fase V: Evaluación de la propuesta final. Finalmente, una vez recibidas todas las propuestas definitivas con la correspondiente solución, todos los grupos valorarán todas las propuestas siguiendo una rúbrica (R3) que englobará tanto el enunciado como la solución presentada. La calificación media otorgada a cada grupo por parte del resto de grupos será tomada en cuenta para hacer la evaluación del taller.

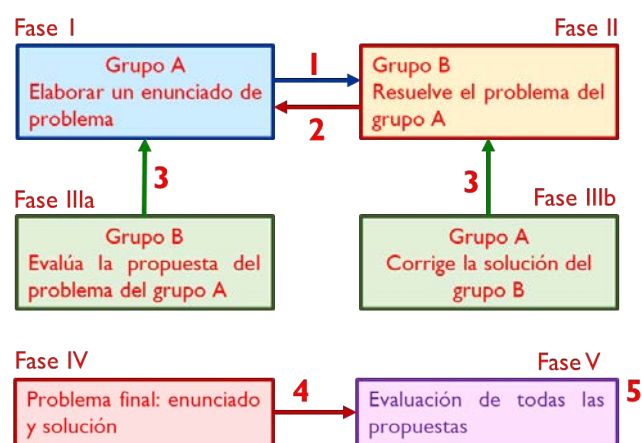


Figura 1

Fases del taller de problemas

El taller se realizó al final del semestre entre noviembre y diciembre (Figura 2) estableciendo periodos fijos para completar cada una de las fases.

	L	M	X	J	V	S	D
Fase I	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27
Fase II	28	29	30	1	2	3	4
Fase III	5	6	7	8	9	10	11
Fase IV	12	13	14	15	16	17	18
Fase V	19	20	21	22			

Figura 2

Temporalización de las fases del taller

Los enunciados, soluciones y las rúbricas utilizadas se hicieron utilizando modelos normalizados iguales para todos los alumnos. Todos los problemas fueron finalmente puestos a disposición de la clase a través del aula virtual a modo de colección de problemas. La evaluación de la actividad se tuvo en cuenta en un 20% de la calificación final de la asignatura. Esta calificación se hizo valorando dos aspectos:

- Propuesta de problema: La propuesta final, con el enunciado y la solución, realizada por cada grupo será calificada tanto por los profesores de la asignatura como por el resto de los grupos (Fase V). Se utilizará una rúbrica común (R3) y la calificación se ponderará en un 80% de los docentes y un 20% del valor de la media de los alumnos.
- Evaluación de la propuesta. La evaluación realizada por los estudiantes será a su vez evaluada por los profesores para comprobar que se ha realizado de forma acorde a lo especificado en la rúbrica, penalizando calificaciones excesivamente altas y/o bajas.

### 3. RESULTADOS

En la Tabla 1 se muestran los resultados académicos obtenidos en el curso en el que se realizó el taller, 2022/23, diferenciados por los alumnos que participaron y los que no en el taller. Se incluyen también los resultados del curso académico anterior en el que no se utilizó esta actividad.

**Tabla 1**

*Resultados académicos*

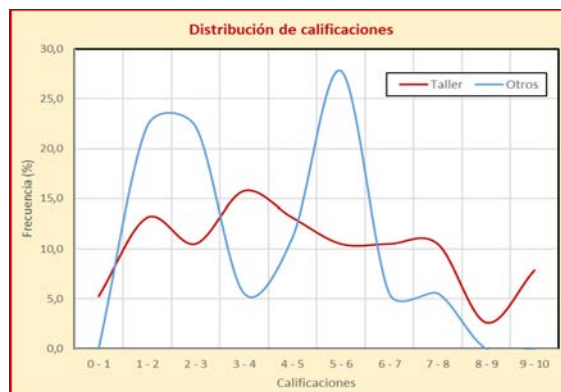
	22/23		21/22	
	Taller	Resto	Total	Total
Nº alumnos	49	29	78	69
% presentados	77,6	62,1	71,8	50,7
Media problemas	4,8	4	4,5	2,6

Aunque la actividad era de carácter voluntaria participaron 49 alumnos de un total de 78 (63%). El porcentaje de alumnos presentados a la convocatoria ordinaria de los alumnos que hicieron el taller (77,6%) fue ligeramente superior al del resto (62,1%). Este resultado podría ser debido a que participan los alumnos más motivados o porque la realización de la actividad les motivó. Según se comentará posteriormente por los resultados de una encuesta realizada a los alumnos, pensamos que la segunda opción es la correcta. Respecto a los resultados obtenidos, la nota media que obtuvieron los alumnos en el apartado de problemas fue también superior para los alumnos que realizaron el taller: 4,8 vs 4. Comparando los resultados obtenidos con el curso anterior, también se observa que el nivel de presentados ha mejorado (71,8 % vs 50,7%) y la nota media en la parte de problemas también (4,8 vs 2,6). Estos resultados permiten concluir que la actividad ha contribuido a mejorar la consecución de la habilidad de resolución de problemas.

En la Figura 3 se muestra la distribución de calificaciones. Puede observarse que la distribución de notas de los alumnos que no realizaron el taller es bimodal en torno a valores entre 1-3 y 5-6. Parece que en este grupo de alumnos hay dos subgrupos, el de los alumnos que claramente no han conseguido adquirir la competencia deseada y los que sí. Sin embargo, en el grupo de alumnos que realizaron el taller la distribución de notas es más homogénea y continua, cubriendo un intervalo más amplio de calificaciones.

Tras finalizar la actividad se recopiló la opinión de los alumnos mediante la realización de una encuesta en una plataforma virtual universitaria. El número de respuestas recogidas fue de 20, lo que supone un 40% de los alumnos que participaron. Por tanto, se puede asegurar que los datos

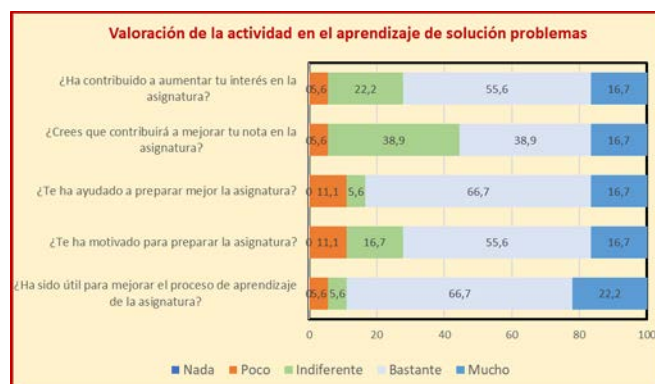
promedio representan a toda la comunidad estudiantil que participó de la actividad.



**Figura 3**

*Distribución de calificaciones de los estudiantes según grupo*

En la Figura 4 se muestran las respuestas a las preguntas realizadas sobre la valoración de la actividad realizada. Como puede observarse la valoración de los alumnos de la actividad es muy positiva, manifestando mayoritariamente que les ha ayudado y motivado en la preparación de la asignatura y que piensan que les ayudará a conseguir buenos resultados. La calificación media de la actividad fue de 4 sobre 5, lo cual se considera muy positivo.

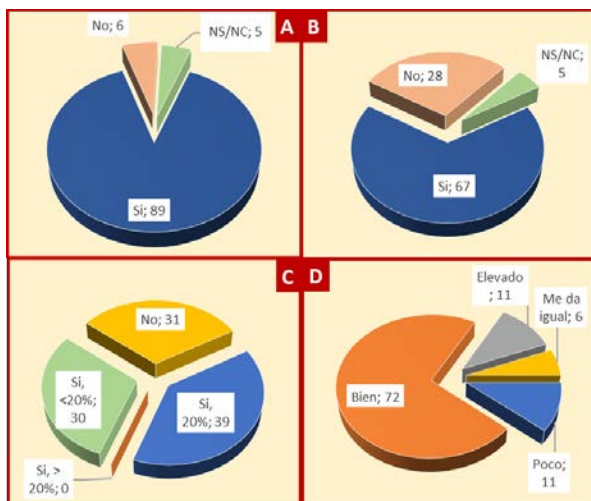


**Figura 4**

*Valoración de la actividad por los estudiantes*

En la Figura 5 se muestran los resultados a varias preguntas relacionadas con el proceso de evaluación del taller. En relación con el proceso de evaluación por pares (Figura 5A y B) los alumnos manifiestan que se sienten cómodos tanto evaluando como siendo evaluados a y por sus compañeros. Consideramos que este proceso de evaluación entre iguales es muy beneficioso desde el punto de vista de mejorar sus capacidades de análisis y crítica, a la vez que les ayuda en el proceso de aprendizaje de resolución de problemas.

En segundo lugar, los alumnos mayoritariamente (69%) consideran positivo que la evaluación de sus compañeros sea tenida en cuenta en la calificación del taller (Figura 5C) aunque varía el porcentaje utilizado para promediar con la calificación de los profesores (39%, en un 20%; 30%, menor del 20%). Finalmente, los alumnos valoran de positivamente (94 %) que se tenga en cuenta la calificación obtenida en el taller en el global de la asignatura, siendo mayoritaria (72%) la opción de ponderar en un 20%, seguido por un 22%, repartido de forma igualitaria a que mayor y menor de dicho valor.



**Figura 5**

*Valoración de la evaluación por los estudiantes*

A: ¿Te has sentido cómodo evaluando a otros compañeros?; B: ¿Te has sentido cómodo siendo evaluado por otros compañeros?; C: ¿Crees que la evaluación de tus compañeros debería tenerse en cuenta en la calificación del taller? D: ¿Te ha parecido bien el incentivo de valoración (20%) en la evaluación final?

Finalmente, en la Figura 6 se muestran las valoraciones de los alumnos al proceso de trabajar en grupo en el taller. Como puede observarse manifiestan sentirse bastante (38,9%) y muy cómodos (16,7%) trabajando en grupo, a un 27,8% les resulta indiferente y un 16,7 % nada o poco cómodos. Por tanto, se puede asegurar que esta actividad ha fomentado el trabajo en equipo consiguiéndose buena colaboración entre los alumnos.



**Figura 6**

*Valoración del trabajo en grupo por los alumnos.*

#### 4. CONCLUSIONES

Los resultados académicos obtenidos y la percepción de los alumnos permiten establecer como principal conclusión de la actividad realizada que el proceso de elaboración de propuestas de problemas originales y su resolución por parte de los alumnos contribuye a mejorar el aprendizaje de los alumnos en la resolución de problemas. La evaluación y crítica adicional entre ellos de la propuesta y resolución de problemas es bien percibida y aceptada por los alumnos y contribuye al desarrollo de la competencia de análisis y crítica constructiva. Los

alumnos manifiestan su aceptación tanto a que la evaluación de esta actividad en su conjunto se use en la calificación global, y que la aportación de las evaluaciones de los alumnos sea tenida en cuenta parcialmente. La realización de la actividad de forma de equipos ha sido bien percibida por la mayoría de los alumnos consiguiendo una cooperación y colaboración positiva en el proceso de aprendizaje.

Por todo ello, se puede concluir que el uso de una metodología de aprendizaje de solución de problemas mediante la preparación de propuestas, solución y evaluación de las mismas por los alumnos es muy positivo, tanto desde el punto de vista motivador como de consecución de las destrezas.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Rey Juan Carlos la aprobación del Grupo de Innovación: “Fomento del trabajo en grupo en las modalidades presencial y remoto, mediante técnicas de gamificación, aula invertida y aprendizaje colaborativo”.

#### REFERENCIAS

- Asogwa, U, Duckett, T.R, Malefyt, A.P., Stevens, L. Mentzer, G. y Liberatore, M.W. (2023). Video-inspired, Student-Written Problems-Solving Skills between Two Cohorts in Chemical Engineering. *Journal of Chemical Education*, 100, 2190-2196. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01062>.
- Ballesteros, M. A., Daza, M. A., Valdés, J. P., Ratkovich, N. y Reyes, L. H. (2019). Applying PBL methodologies to the chemical engineering courses: Unit operations and modeling and simulation, using a joint course project. *Education for Chemical Engineers*, 27, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2019.01.005>.
- Kweon, Y-R., Park, J. (2023). Using the design-thinking method to develop and validate a peer evaluation scale for team-based learning (PES-TBL) for nursing students. *Nurse Education Today*, 127, 105849. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105849>.
- Loyens, S.M.M, Wijnia, L., Rikers, R.M.J. (2023). Student-centered instruction: inquiry-, problem-, project-, and case-based learning. *International Encyclopedia of Education (fourth edition)*, 2023, 701-711. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-4.14080-1>.
- Møgelvang, A., Vandvik, V., Ellingsen, S. Trømme, C.B., Cotner, S. (2023). Cooperative learning goes online: teaching and learning intervention in a digital environment impacts psychosocial outcomes in biology students. *International Journal of Education Research*, 117, 102114. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.102114>.
- Turan, S., Konan, A., Kiliç, Y.A., Özvaris, Ş.B. Sayek, I. (2012) The Effect of Problem-Based Learning with Cooperative-Learning Strategies in Surgery Clerkships. *Journal of Surgical Education*, 69(2), 226-230. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2011.07.010>.
- Yang, X. (2023). Creating Learning Personas for collaborative learning in higher education: A Q methodology approach. *International Journal of Educational Research Open*, 4, 100250. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100250>.