

IMMC-Spain, el desafío de la modelización para estudiantes de educación secundaria

César Gallart

Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València,
cesar.gallart@uv.es

Irene Ferrando

Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València,
irene.ferrando@uv.es

Carlos Segura

Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València,
carlos.segura@uv.es

Resumen: *En las últimas décadas, el interés por la modelización en la enseñanza de las matemáticas ha permeado el diseño de los programas educativos, hasta el punto de aparecer como una de las competencias matemáticas a desarrollar por los estudiantes de secundaria en la nueva ley educativa. Sin embargo, las actividades de modelización todavía son poco habituales en las aulas, pese a que pueden integrarse en la enseñanza de varias maneras: en el entorno "normal" del aula, o en forma de actividades extracurriculares con o sin apoyo directo del profesor. En esta contribución queremos presentar una actividad extracurricular que consiste en una competición de modelización para equipos de estudiantes: el concurso IMMC-Spain. Esta competición nacional permite elegir a los dos equipos participantes en el International Mathematical Modelling Challenge, pero su objetivo central es promover la enseñanza de la modelización matemática y sus aplicaciones en la educación secundaria. Hasta la fecha, se han celebrado cuatro ediciones de IMMC-Spain y más de 500 estudiantes han participado en la competición. Cabe destacar también los buenos resultados obtenidos en la competición internacional por algunos de los equipos seleccionados. Se presentarán en detalle las bases del concurso, se mostrarán ejemplos de los problemas propuestos y se comentarán las características de las producciones de los equipos participantes.*

Palabras clave: *modelización, educación secundaria, resolución de problemas, contexto real, concursos.*

IMMC-Spain: the modelling challenge for secondary school students

Abstract: *In recent decades, the growing interest in the introduction of modelling in mathematics teaching has permeated the design of educational programmes, with modelling appearing as one of the mathematical competences to be developed by secondary school students in the new education law. However, mathematical modelling can be integrated into teaching in various ways: in the "normal" classroom environment, or in the form of extracurricular activities with or without direct support from the teacher. In this contribution, we would like to present an extracurricular activity consisting of a modelling competition for teams of students: the IMMC-Spain competition. This national competition allows the two teams participating in the International Mathematical Modelling Challenge to be selected,*

but its central aim is to promote the teaching of mathematical modelling and its applications in secondary education. To date, four editions of IMMC-Spain have been held and more than 500 students have participated in the competition. It is also worth highlighting the good results obtained in the international competition by some of the selected teams. The competition rules will be presented in detail, examples of the proposed problems will be shown and the characteristics of the productions of the participating teams will be discussed.

Key words: *modelling, secondary education, problem solving, real context, competitions.*

1. INTRODUCCIÓN

Existe un consenso en la educación matemática actual sobre la importancia de la conexión entre los conocimientos matemáticos, sus aplicaciones y la realidad (Blum y Niss, 1991; National Council of Teachers of Mathematics, 2000; Burkhardt, 2006; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, 2017). Esto puede verse también en la última reforma educativa en España, donde la modelización de problemas de la vida cotidiana aparece como una de las competencias específicas a desarrollar dentro de la propia competencia matemática (Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria). En efecto, la resolución de problemas de modelización implica establecer conexiones entre el mundo real y el mundo de las matemáticas gracias a la construcción de modelos que, a partir del conocimiento matemático del estudiante, permiten estructurar, analizar y explicar situaciones o fenómenos reales (Blum y Niss, 1991; Blum, 1993; Haines y Crouch, 2007; Verschaffel et al., 2002).

Se pueden introducir actividades de modelización en el marco de las clases ordinarias, implementando proyectos de modelización de largo desarrollo, en varias sesiones, o proponiendo problemas de modelización más cortos, que puedan abordarse en una sesión de clase (Gallart et al., 2019). Sin embargo, otra opción valiosa es proponer al estudiantado participar en concursos como el *International Mathematical Modeling Challenge* (Garfunkel et al., 2021), al cual nos referiremos a partir de ahora, siguiendo el acrónimo oficial, como IM²C.

El IM²C es un concurso internacional dirigido a equipos de estudiantes de Secundaria o Bachillerato. Su objetivo es “desarrollar y mejorar la capacidad de los estudiantes para visualizar, comprender y aplicar las matemáticas en contextos del mundo real” (Comité australiano del IM²C, s.f.). Los países participantes en el concurso pueden presentar hasta dos equipos de estudiantes y cada país decide cómo escoger a sus representantes. En España la selección de los equipos que participan en la competición internacional se articula a través del concurso IMMC-Spain, que en el curso 2023-24 cumple su cuarta edición. En este artículo pretendemos contextualizar y describir con detalle el desarrollo del concurso IMMC-Spain, con dos objetivos: (i) destacar las oportunidades de aprendizaje para los participantes; (ii) invitar a los lectores de la revista *Épsilon* a promover la participación entre el estudiantado.

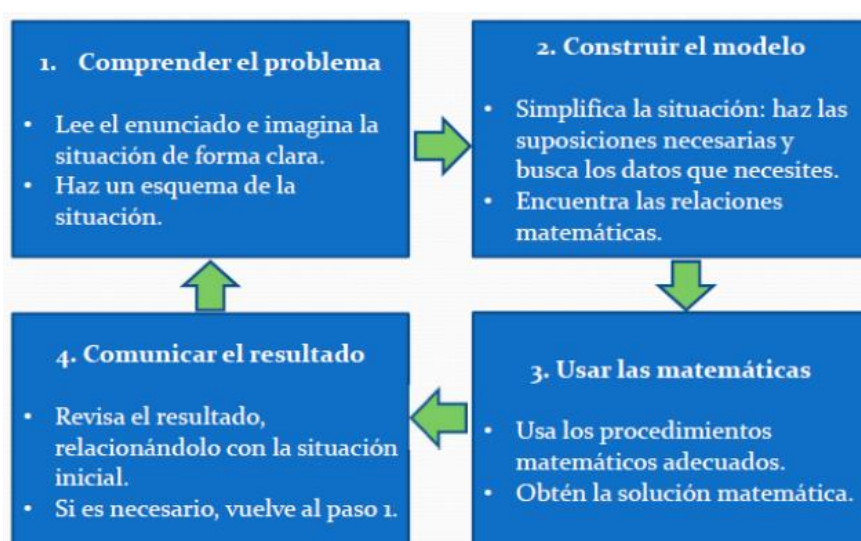
2. LA MODELIZACIÓN EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Maaß (2006) define los problemas de modelización como auténticos –es decir, pertenecientes al mundo real o a una realidad inventada pero plausible–, complejos –en el sentido de que el proceso de resolución no es conocido de antemano, sino que requiere de una reflexión previa–, y abiertos –puede haber más de una vía de resolución o solución posible–. Según Blum y Niss (1991) y Blum (1993), la modelización matemática englobaría el proceso de resolución de un

problema de este tipo: la traducción de una situación real al lenguaje matemático, lo que nos proporciona un modelo matemático; su resolución mediante el uso de las herramientas matemáticas pertinentes; la interpretación de la solución matemática obtenida de nuevo en la realidad; y la validación del proceso y su comunicación final. La modelización transita entre el mundo real y el mundo de las matemáticas (y viceversa) a través de un ciclo que puede repetirse un número indefinido de veces mientras el resolutor afina su resolución, ajustando su modelo y adecuando su solución a la situación real (Borromeo-Ferri, 2006). La Figura 1 muestra un ciclo de modelización simplificado que puede presentarse a los alumnos como guía y acompañamiento de su propio proceso de resolución:

Figura 1

Esquema del ciclo de modelización.



Si nos centramos en la educación no universitaria, el uso de la modelización presenta una doble perspectiva (Julie y Mudaly, 2007; Calabuig et al., 2015): por un lado, la introducción de problemas de modelización en el aula propicia el desarrollo integrado de las competencia matemática en general, y de la competencia en resolución de problemas reales en particular (Maaß, 2006; Gallart, 2016); por otro lado, el uso de la modelización y las aplicaciones matemáticas permite presentar los contenidos de forma contextualizada, generando una comprensión más profunda y una mayor predisposición en el alumnado (Maaß, 2006; Zbiek y Conner, 2006).

Estas dos perspectivas (complementarias y no excluyentes) están cobrando relevancia en el sistema educativo español, contribuyendo a promover un cambio de paradigma en la enseñanza de las matemáticas (Blum, 2011) que refuerza la autonomía del alumnado y el trabajo colaborativo (Blum y Borromeo-Ferri, 2009). Existen numerosos ejemplos que nos permiten ilustrar estos cambios, tanto en educación infantil y primaria (Alsina y Salgado, 2021; Albarracín et al., 2015) como en educación secundaria y bachillerato (Gallart y Mata, 2020; Trelles-Zambrano et al., 2019; Ferrando y Navarro, 2015; Sierra Galdón et al., 2011). En estos trabajos se pueden encontrar distintas aproximaciones a las actividades de modelización en la educación no universitaria, dando lugar a distintas tipologías: los problemas de Fermi (Ferrando et al, 2017), de corta duración y centrados en simplificar una situación real para realizar

estimaciones; las *Modelling Eliciting-Activities* (abreviadamente, MEAs; Lesh y Doerr, 2003), en las que se debe construir un modelo que permita tomar una decisión razonada sobre una situación problemática inicial; o los proyectos matemáticos realistas (abreviadamente PMR; Sol, 2009), donde a partir de un contexto real y poco estructurado, son los alumnos los que deben concretar una pregunta de investigación que resolverán a modo de proyecto de larga duración.

Sin embargo, existen pocos trabajos sobre actividades extracurriculares de modelización, en las que el entorno de aprendizaje es diferente, tal y como ocurre con el concurso IM²C (Garfunkel et al., 2021). Los problemas que propone el IM²C son actividades de modelización, dirigidas al alumnado de secundaria y bachillerato, que requieren desarrollar un modelo matemático que permita argumentar sobre una situación real mediante un informe. Estos problemas están disponibles en abierto y son, por tanto, un recurso accesible, sostenible y útil para el profesorado.

3. BASES DEL CONCURSO IMMC-SPAIN

El IM²C es un concurso internacional en el que participan equipos de más de 30 países de todo el mundo. Las bases del concurso pueden consultarse en su página web¹. Cada país organizador puede presentar un máximo de dos equipos, estableciendo sus propios criterios de selección. Como hemos señalado anteriormente, la selección de los dos equipos que representarán a España se hace mediante el concurso IMMC-Spain. Este concurso tiene una estructura muy similar a la fase internacional, en la que los participantes deben resolver un problema de modelización y escribir un informe sobre su modelo matemático.

Los equipos participantes en el IMMC-Spain pueden estar formados por un máximo de cuatro estudiantes de un mismo centro educativo que cursen entre 3º de ESO y 2º Bachillerato. Cada equipo está supervisado por un profesor responsable, que también es la persona encargada de hacer la inscripción. Para esto, solo es necesario cumplimentar un cuestionario accesible desde la web del concurso: <https://immcpain.blogs.uv.es/>. El plazo de inscripción está abierto desde finales del mes de octubre hasta la segunda semana de enero.

El papel de supervisor del docente responsable queda sujeto y limitado por las bases del concurso: en ningún caso podrá interferir en el trabajo de los equipos, que deben trabajar de forma autónoma. Sin embargo, tal y como se explica en Gallart y Mata (2022), su ayuda puede resultar muy importante en aspectos tales como la motivación (dar a conocer a los alumnos este concurso e incentivarles a participar en él), la organización (planificar tiempos, organizar condiciones y lugares de trabajo), y en aspectos formales propios del concurso (inscripción y aporte de documentación, supervisión del formato del informe final).

Una vez cerrado el plazo de inscripción, comienza formalmente el concurso. Desde la organización de IMMC-Spain se envía a los docentes responsables de los equipos participantes el enunciado del problema de la edición. Los equipos cuentan con un plazo de 3 semanas para resolver el problema y redactar el informe con el modelo matemático propuesto. Al recibir todos los informes, se procede a la evaluación de las propuestas. Durante la etapa de revisión, cada documento, con el número de control como única identidad, es leído por al menos dos correctores, y calificado mediante la rúbrica que se muestra en la Tabla 1.

¹ Web oficial del concurso IM²C, <https://immchallenge.org/Index.html>

Tabla 1

Criterios de evaluación y baremo para las propuestas recibidas en el IMMC-Spain.

Elemento a evaluar	Descripción	Puntuación hasta
Resumen	El resumen incluye las hipótesis, los detalles más importantes del modelo y las conclusiones	10 puntos
Formato y claridad	El informe es de fácil lectura, está bien redactado y organizado	10 puntos
Precisión en la definición del problema	Se identifica el problema real a resolver y se especifican las preguntas matemáticas precisas, se explicitan de forma justificada las hipótesis del problema y la elección de variables.	20 puntos
Proceso de modelización y matematización	Se formula de forma clara el modelo identificando los datos importantes, discriminando valores de los parámetros y desarrollando representaciones matemáticas adecuadas. Uso correcto de herramientas matemáticas.	30 puntos
Evaluación y validación del modelo	Comprobación de los resultados matemáticos e interpretación en términos de la situación problemática.	15 puntos
Puntos fuertes y débiles	Se estudia la pertinencia de las soluciones presentadas tras la revisión y se evalúa la sensibilidad a los cambios en los supuestos establecidos.	5 puntos
Respuesta a la pregunta	Se evalúa la calidad de la respuesta presentada en el informe en base a la pregunta planteada.	10 puntos

Aunque no hay valor de corte ni se publican las calificaciones numéricas, la evaluación cuantitativa es necesaria para clasificar las propuestas presentadas. Siguiendo el procedimiento del concurso internacional IM²C, se da una puntuación en una escala de 100 puntos con la que se pretende evaluar el informe de manera global, ponderando todos los aspectos importantes de la modelización. Una vez normalizada la puntuación de los dos correctores, si la brecha entre dos puntuaciones de una misma propuesta es demasiado amplia –mayor de 30 puntos– un tercer corrector también revisa la propuesta.

Además, para cada informe presentado, se realiza una evaluación cualitativa que permite dar *feedback* a los participantes. En efecto, la rúbrica de evaluación incluye un apartado de comentarios para que los correctores puedan completar su evaluación cuantitativa con información, análisis y orientaciones sobre el desarrollo del modelo presentado. Estos

comentarios son trasladados a los profesores responsables de cada equipo con una finalidad formativa: que les sirvan para reflexionar sobre los procesos implicados en la modelización y les permitan mejorar su competencia, lo que además les podrá ser útil para futuras participaciones tanto en la fase internacional como en otras ediciones del IMMC-Spain.

En la siguiente sección explicaremos las características de los problemas de modelización propuestos en el concurso.

4. DESCRIPCIÓN Y EJEMPLOS DE LOS PROBLEMAS PROPUESTOS

Los problemas planteados en el concurso, tanto en la fase nacional como en la internacional, tienen como característica común que se sitúan en un contexto real que, necesariamente, es relevante durante el proceso de resolución. Además, se diseñan para que admitan múltiples estrategias y para promover enfoques en los que las TIC (calculadoras gráficas, hojas de cálculo y software matemático) jueguen un papel importante, demandando el desarrollo de modelos matemáticos que movilicen distintos contenidos y procedimientos. El objetivo de estas actividades de modelización es que el alumnado elabore un informe fundamentado en un modelo que satisfaga las condiciones del enunciado del problema y que, en algunos casos, permita ser adaptado a nuevas situaciones.

Teniendo en cuenta las características de estos problemas, no existen respuestas correctas o incorrectas, sino respuestas más eficaces, completas o adecuadas que otras. En los siguientes apartados se muestran algunos ejemplos de las últimas ediciones de la competición en su fase nacional e internacional.

4.1. Los problemas de la fase nacional: IMMC-Spain

El problema propuesto en la edición del 2022 de la fase nacional, cuyo enunciado se resume en la Figura 2 (la versión íntegra está disponible en la web del concurso²), se titula “El dilema del encargado” y se contextualiza en un restaurante. El problema consiste en diseñar un modelo que permita organizar las mesas del restaurante para maximizar la rentabilidad del local. Este modelo puede atender a diferentes aspectos relacionados con la gestión de las mesas o los turnos de comida y puede acompañarse de simulaciones numéricas, datos empíricos o estudios que lo apoyen.

Figura 2

Problema propuesto en la fase nacional en la edición del 2022

El dilema del encargado

El Restaurante “Casa Paco” de Belicena está teniendo en los últimos meses un éxito fulgurante gracias a su fusión entre cocina mediterránea y tropical. Su éxito es tal que no reservan mesas con antelación, sin embargo, es posible que si lo hicieran mejoraría el rendimiento del restaurante. ¿Cómo repartir los comensales entre las mesas que tiene un restaurante para obtener la mayor rentabilidad?

² Pueden verse los problemas propuestos para la fase nacional en <https://immcspain.blogs.uv.es/problemas-immc-spain-ediciones-pasadas/>

En la edición del 2023 se propuso el problema “Ahorrando en la factura de la luz” (ver un resumen del enunciado en la Figura 3), que enfrenta a los alumnos a la necesidad de ahorrar energía en sus centros escolares. Para ello, los participantes debían diseñar un modelo para optimizar la factura eléctrica, pudiendo tener en cuenta aspectos tales como pautas de consumo, períodos de tarificación, instalación de placas solares o las ofertas que hacen las compañías eléctricas. De nuevo, el modelo podía acompañarse de simulaciones numéricas, datos empíricos u otros estudios que ayuden a justificar las decisiones y criterios asumidos.

Figura 3

Problema propuesto en la fase nacional en la edición del 2023

Ahorrando en la factura de la luz

Este año, la edición española del International Mathematical Modelling Challenge aborda una cuestión que nos preocupa a todos: ¿cómo ahorrar el gasto en electricidad? Para ello, cada equipo ha de presentar un modelo matemático que busque optimizar la factura de la electricidad de un centro educativo.

4.2. Los problemas de la fase internacional: IM²C

Una vez revisadas y evaluadas las propuestas de los participantes del concurso IMMC-Spain, se seleccionan los tres o cuatro mejores equipos, que tendrán la oportunidad de resolver el problema planteado en el concurso internacional IM²C. En esta fase, las condiciones para la resolución del problema son más exigentes, pues los equipos cuentan únicamente con cinco días consecutivos (a su elección, dentro del plazo establecido, entre final de febrero y final de abril) para desarrollar el modelo matemático y redactar el informe.

Una vez recibidos los informes de la fase internacional, son revisados por el comité de expertos de IMMC-Spain para seleccionar los dos que representarán a España en la competición internacional. Tal y como veremos en los siguientes ejemplos, las características de los problemas planteados en esta fase son similares a los de la fase nacional.

Figura 4

Traducción del enunciado del problema de la fase internacional en la edición del 2022

¡A bordo! Embarcar y desembarcar de un avión

En el transporte aéreo, la eficacia es tiempo y el tiempo es dinero. Incluso los pequeños retrasos en los horarios de los aviones de pasajeros suponen una pérdida de tiempo tanto para las compañías aéreas como para sus pasajeros. Durante cualquier vuelo de pasajeros, hay dos operaciones que consumen mucho tiempo y que dependen sobre todo del comportamiento humano: el embarque y el desembarque del avión. Construye uno o varios modelos matemáticos para calcular los tiempos totales de embarque y desembarque del avión.

En la edición del 2022, el problema “Aboard! Boarding and disembarking a plane” (Figura 4) demanda desarrollar un modelo que permita estimar los tiempos que necesita un determinado avión para embarcar y desembarcar a sus pasajeros. Hay varios aspectos que se deben tener en cuenta: el movimiento de los pasajeros dentro del avión, interferencias con el equipaje de mano,

grupos de prioridad, dificultades para acceder a los asientos de ventanilla, etc. También se pide a los participantes que apliquen su modelo a diferentes métodos de embarque preestablecidos (embarques aleatorios, embarques por secciones y embarques por asiento), e incluso que lo modifiquen para atender a distintos tipos de aviones (con cabinas de pasajeros relativamente anchas y cortas o en aviones con dos entradas y dos pasillos).

En el problema de la edición del 2023, "*Using Land: A valuable resource*" (Figura 5), se pedía a los equipos que desarrollaran un modelo para la planificación óptima del uso del suelo buscando un equilibrio entre el desarrollo de recursos para la comunidad y los beneficios empresariales. Este modelo debía establecer una "métrica de decisión cuantitativa" que permitiera a los propietarios tomar decisiones acerca de que es cuál es su "mejor uso", teniendo en cuenta las distintas opciones de ocupación: deportes al aire libre, pistas de esquí, distintos tipos de granjas, centros de agroturismo o la instalación de placas solares. Además, se les pedía estudiar en qué medida afectaría a su modelo la construcción de una nueva fábrica en el terreno.

Figura 5

Traducción del enunciado del problema de la fase internacional en la edición del 2023

Utilizar la tierra: Un recurso valioso

La planificación óptima del uso del suelo y el equilibrio entre los valores de la comunidad y los beneficios empresariales suelen requerir modelos que incluyan la geografía, el clima, las opciones empresariales y las necesidades de la comunidad y la cultura local para tomar decisiones importantes. Los dirigentes de la comunidad y los planificadores empresariales intentan decidir el "mejor uso" de una parcela de 3 kilómetros cuadrados disponible para urbanizar. Determina qué decisiones cuantitativas pueden ayudar a los responsables a decidir "mejor" cuál debería ser el uso final. Las medidas deben tener en cuenta los beneficios y costes a corto y largo plazo.

En la página web del concurso internacional puede acceder a los enunciados íntegros, así como a más problemas y las resoluciones de los equipos ganadores³.

5. RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS E INFORME FINAL

Tanto en la fase nacional como en la internacional, se pide a los equipos de estudiantes que presenten un modelo matemático que dé respuesta a las demandas del problema. Para la construcción de este modelo, los equipos disponen de un cierto tiempo: unas tres semanas en la fase nacional desde el momento que reciben, vía email, el enunciado del problema; y, en la fase internacional, cinco días consecutivos a elegir por cada equipo de entre un período de aproximadamente dos meses que fija la organización. El trabajo puede realizarse desde el propio colegio o instituto, siempre bajo la supervisión del profesor responsable.

Finalmente, cada equipo debe presentar un informe para que pueda ser evaluado por un comité de expertos. El informe, de una extensión máxima de 20 páginas, debe incluir, además del propio modelo, las suposiciones consideradas, los argumentos y los razonamientos

³ Pueden verse los problemas propuestos para la fase internacional en <https://immchallenge.org/Pages/Sample.html>

matemáticos utilizados, las conclusiones a las que se llegan, así como las posibles fuentes y referencias utilizadas. Además, los equipos deben redactar un resumen, de una página de extensión, cuya importancia remarca el propio concurso. El resumen, aconsejan, debe redactarse en un lenguaje cotidiano, como si sus destinatarios finales no tuvieran una alta capacidad matemática y a modo de “declaración directa hacia las personas que necesitan resolver el problema del mundo real” (Galbraith y Holton, s.f., p. 59).

Dado que ni el alumnado ni el profesorado están acostumbrados a la preparación de este tipo de informes, es importante contar con recursos útiles. En este sentido, una fuente que puede resultarles muy provechosa son las diferentes páginas webs de los países participantes. En ellas, docentes y estudiantes encontrarán información y materiales valiosos para su preparación (como los problemas de ediciones anteriores y los informes de los equipos finalistas, así como los comentarios de los comités evaluadores). En particular, el comité australiano presenta una guía para profesores y estudiantes con recomendaciones sobre la organización y preparación previa de los equipos (Galbraith y Holton, s.f., pp. 57-59). Entre otros, se recogen los siguientes consejos:

- La responsabilidad y el respeto por la contribución de los compañeros, así como una buena planificación de los tiempos son esenciales para la efectividad del trabajo. Respecto a la organización del equipo, se apunta la posibilidad de asignar diferentes “roles” a sus integrantes, según su experiencia y aptitudes, siempre de forma flexible.
- Los problemas propuestos en ediciones anteriores pueden servir para que los alumnos tengan una experiencia previa en modelización. También el propio ciclo de modelización puede resultarles un apoyo útil y práctico, ayudándoles a estructurar la resolución del problema.
- La “habilidad de redactar informes” se considera esencial en el proceso de modelización. Por ello, y debido a las pocas oportunidades de “comunicar matemáticas” que se les da a los alumnos, se sugiere incluir en las clases ordinarias la necesidad de dar explicaciones y razonamientos para mejorar su comunicación y capacidad de redacción sobre y con las matemáticas.

En la figura 6 podemos ver un extracto del resumen incluido en el informe presentado por uno de los equipos ganadores en la fase nacional de la edición de 2023.

6. CONCLUSIONES

Como hemos visto, el concurso IM²C supone una buena oportunidad para alumnos y profesores noveles para introducirse en las prácticas de modelización matemática. La falta de manuales y libros de texto sobre modelización supone una dificultad que este concurso, que pone a disposición del alumnado y del profesorado, en abierto, problemas, ejemplos de resoluciones, informes de evaluación cualitativa, y otro tipo de recursos, puede ayudar a superar. Así, los problemas utilizados en ediciones anteriores (tanto de la fase nacional como de la internacional), así como las resoluciones propuestas por los ganadores y las guías que las webs de los distintos países organizadores son un material excelente para trabajar actividades de modelización en nuestras aulas.

Figura 6

Extracto del resumen presentado por uno de los equipos participantes en la fase nacional para el problema “Ahorrando en la factura de la luz”

Para asignarle a cada escuela una solución, nos hemos basado en la necesidad del centro por reducir las facturas, lo cual lo hemos medido con nuestra tasa de necesidad de reducción, y las condiciones climáticas del mismo. La Tnr se ha regido por la siguiente fórmula:

$$Tnr = 0.3Mo. + 0.2Er. + 0.5 \frac{Panual}{12 Q alumnos}$$

Luego, para proceder a la asignación de las soluciones hemos utilizado diferentes esquemas ramificados que simplifican el proceso de elección.

Asimismo, para validar el proyecto lo hemos aplicado a tres escuelas distintas, escogiéndolas tras previo análisis para que representen tres casos variados que englobe a todas las escuelas de España.

Por supuesto, para aquellos docentes y estudiantes con experiencia en actividades de modelización, el concurso supone un desafío interesante y motivador para seguir profundizando en las conexiones entre las matemáticas y la realidad.

Por último, recordemos que la modelización matemática es una buena oportunidad para transformar y mejorar la percepción que la sociedad tiene de las matemáticas escolares como una serie de contenidos y procedimientos abstractos, desconectados del mundo real. Por ello, alentamos a todos aquellos docentes interesados en la modelización matemática a que animen a sus estudiantes a participar en la próxima edición del concurso y les supervisen en este desafío motivador y enriquecedor. La inscripción de los equipos para la edición 2023-24 estará abierta hasta el día 13 de enero. Invitamos a los lectores a visitar la web: <https://immcpain.blogs.uv.es/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, L., Lorente, C., Lopera, A., Pérez, H. y Gorgorió, N. (2015), Problemas de estimación de grandes cantidades en las aulas de Primaria. *Epsilon, Revista de Educación Matemática*, 32(1), 19-33.
- Alsina, A. y Salgado, M. (2021). Introduciendo la modelización matemática temprana en educación infantil: un marco para resolver problemas reales. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 33-56.
- Blum, W. (1993). Mathematical modelling in mathematics education and instruction. En T. Breiteig, I. Huntley y G. Kaiser (Eds.), *Teaching and learning mathematics in context* (pp. 3-14). Ellis Horwood Limited.
- Blum, W. (2011). Can Modelling be taught and learnt? Some answers from empirical research. En G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo y G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling* (pp. 15-30). Springer.
- Blum, W. y Borromeo-Ferri, R. (2009). Modelling: Can It Be Taught And Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45-58.
- Blum, W. y Niss, M. (1991). Applied Mathematical Problem Solving, Modeling, Applications, and Links to other Subjects – State, Trends and Issues in Mathematics Instruction. *Educational Studies in Mathematics*, 22, 37-68.

- Borromeo-Ferri, R. (2006). Theoretical and empirical differentiations of phases in the modeling process. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 41, 453-465.
- Burkhardt, H. (2006). Modelling in Mathematics Classrooms: reflections on past developments and the future. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 178-195.
- Calabuig, J. M., Ferrando, I., Gallart, C., García-Raffi, L. M., Hurtado, D. y Sierra, L. (2015). La modelización como competencia transversal en el sistema educativo español. *UNO. Revista de didáctica de las matemáticas*, 69, 44-51.
- IM²C australian committee (s.f.) About the IM²C. <https://www.immchallenge.org.au/about-the-immc>.
- Ferrando, I. y Navarro, B. (2015). Un viaje fin de curso y tres tareas de modelización. Una experiencia en el aula de secundaria. *Modelling in Science Education and Learning*, 8(2), 79-92.
- Ferrando, I., Albarracín, L., Gallart, C., García-Raffi, L. M., Gorgorió, N. (2017). Análisis de los modelos matemáticos producidos durante la resolución de problemas de Fermi. *Bolema*, 31(57), 220-242.
- Galbraith, P. y Holton, D. (s.f.). Mathematical modelling. A guidebook for teachers and teams. <https://www.immchallenge.org.au/files/IM2C-Teacher-and-student-guide-to-mathematical-modelling.pdf>
- Gallart C., Ferrando, I. y García-Raffi, L. M. (2019). Modelización matemática en la educación secundaria: manual de uso. *Modelling in Science Education and Learning*, 12(1), 71-85.
- Gallart, C. (2016). *La modelización como herramienta de evaluación competencial* (Tesis doctoral). Universitat Politècnica de València, Valencia, España.
- Gallart, C. y Mata, P. (2020). Formación del profesorado en modelización: primeros pasos de una profesora novel. *Modelling in Science Education and Learning*, 13(2), 43-56.
- Gallart, C. y Mata, P. (2022). La modelización a través del IMMC. *Números*, 112, 7-22.
- Garfunkel, S., Niss, M. y Brown, J. P. (2021). Opportunities for modelling: An extra-curricular challenge. En F.K.S. Leung, G. A. Stillman, G. Kaiser y K. L. Wong (Eds.). *Mathematical Modelling Education in East and West* (pp. 363-375). Springer.
- Haines, C. R., y Crouch, R. M. (2007). Mathematical modelling and applications: Ability and competence frameworks. En W. Blum, P. Galbraith, M. Niss y H-W. Henn (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education: The 14th ICMI study* (pp. 417-424). Springer.
- Julie, C., Mudaly, V. (2007). Mathematical modelling of social issues in school mathematics in South Africa. En W. Blum, P. Galbraith, H.W. Henn y M. Niss (Eds.), *Modeling and Applications in Mathematics Education. The 14th ICMI Study* (pp. 503-510). Springer.
- Lesh, R. y Doerr, H. M. (2003). Foundations of a Models and Modeling perspective on Mathematics Teaching, Learning and Problem Solving. En R. Lesh y H. M. Doerr (Eds.), *Beyond Constructivism: Models and Modeling Perspectives on Mathematics Problem Solving, Learning, and Teaching* (pp. 3-34). Lawrence Erlbaum Associates.
- Maaß, K. (2006). What are modeling competencies? *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 113-142.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2017). PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>

- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, núm. 76 (2022).
- Sierra Galdón, L., Juan Blanco, M. A., Garcia-Raffi, L. M., y Gómez Urgellés, J. (2011). Estrategias de aprendizaje basadas en la modelización matemática en Educación Secundaria Obligatoria. *Actas de las 15 Jornadas sobre el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas*. FESPM.
- Sol, M. (2009). *Anàlisi de les competències i habilitats en el treball de projectes matemàtics amb alumnes de 12-16 anys a una aula heterogènia* (Tesis Doctoral). Universitat de Barcelona, Barcelona, España.
- Trellers-Zambrano, C., Toalongo, X., Alsina, A. y Gonzales, N. (2019). La modelización matemática a través de las actividades generadoras de modelos: una propuesta para el aula de secundaria. *Epsilon, Revista de Educación Matemática*, 102, 43-59.
- Verschaffel, L., Greer, B. y De Corte, E. (2002). Everyday knowledge and mathematical modeling of school word problems. En K. Gravemeijer, R., Lehrer, B., Oers, B., van and L. Verschaffel (Eds.), *Symbolizing, modeling and tool use in mathematics education* (pp. 257–276). Springer.
- Zbiek, R. y Conner, A. (2006). Beyond motivation: exploring mathematical modelling as a context for deepening students' understandings of curricular mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 63, 89-112.