



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE SECUNDARIA

**Desarrollo de tareas o problemas abiertos para lograr
aprendizaje significativo en la materia de Física**

**Development of tasks or open problems to achieve
meaningful learning in the field of Physics**

Gonzalo Gutiérrez Somavilla

Especialidad de Física y Química

Director: Vidal Fernández Canales

Curso 2015-2016

24 de Junio de 2016

Resumen

El trabajo de resolución de tareas abiertas (también llamado de resolución de problemas mediante investigación) en la materia de física puede ser una herramienta muy útil que ayude a los alumnos en su aprendizaje, tanto a nivel conceptual como procedimental, además de favorecer una mejora en su actitud hacia la ciencia. En este trabajo se llevan a cabo varias actividades, desde el punto de vista docente, para introducirse en esta metodología y asimilarla. En primer lugar, se analiza, en el marco de esta nueva metodología, la propuesta didáctica de un libro frecuente en la enseñanza actual de Física y Química en 4º de ESO. En segundo lugar, se practica la creación de tareas abierta y su resolución.

PALABRAS CLAVE: tareas abiertas, resolución de problemas por investigación, resolución de problemas de física, constructivismo.

The resolution of open tasks (also called solving problems through research) in the field of physics can be a very useful tool to help students learning, both at conceptual and procedural level, in addition to promoting an improving their attitude toward science. The present effort carries out several activities, from an educational point of view, in order to introduce and assimilate this methodology. First, the didactic proposal of a common book in the current teaching of Physics and Chemistry in 4th year is analyzed in the framework of this methodology. Second, the creation of open tasks and its resolution is practiced.

KEYWORDS: open tasks, problem based learning, problem solving, constructivism.

Índice

Resumen.....	2
Introducción y Justificación.....	4
Estado de la cuestión y relevancia del tema	7
Objetivos	16
Materiales y métodos	17
Herramienta de análisis de los enunciados y resoluciones	17
Transformación de los enunciados tradicionales hacia una concepción de tarea abierta.....	17
Planteamiento de tareas abiertas originales	19
Resultados	20
Análisis de la metodología en resolución de problemas seguida en un libro de texto actual de 4º ESO.....	20
Enunciados transformados a tarea abierta	28
Resolución de tareas abiertas	39
Conclusiones.....	48
Bibliografía	49

Introducción y Justificación

Este trabajo de fin de máster ha constituido para el autor una inmersión en la didáctica de las ciencias y en su investigación, con una parada en la faceta de resolución de problemas de física. Es por ello que se va a comenzar hablando de ciencia, de enseñanza, de problemas y de investigación en esas materias.

Enseñanza de la ciencia

La ciencia siempre ha tratado de explicar los enigmas que el mundo plantea al ser humano, utilizando para ello la observación, la experimentación y el análisis. Como resultado, a partir del conocimiento del mundo natural, el hombre ha sido capaz de crear y mejorar la tecnología a su disposición. Todo este bagaje, acumulado generación tras generación, da sentido a aquella frase que afirmaba que “el científico camina a hombros de gigantes”.

Por otro lado, la enseñanza de la ciencia ha de consistir en la exposición y explicación de esos conocimientos, así como la prestación de ayuda y guía a los aprendices en su proceso de adquisición de las habilidades propias de los científicos. Dicho proceso es, por tanto, una labor de grandes dimensiones: no en vano, se trata de que los alumnos asimilen, en pocos años, conocimientos que la humanidad tardó siglos en producir para, de esta forma, poder encaramarse a los hombros de esos gigantes.

De la calidad de la enseñanza, entre otras cosas, depende que ese proceso sea divertido o aburrido, fácil o difícil, llevadero o duro e, incluso, en último término, de que llegue a buen puerto o de que fracase.

La resolución de problemas

Existe consenso en que el papel de las tareas de resolución de problemas que se realiza con los estudiantes (de cualquier etapa) es vital, constituyendo la ocasión más genuina de mostrar los fundamentos, las posibilidades y las aplicaciones de la ciencia. Así, se considera que la realización de estas tareas

ayuda a clarificar los principios explicados y que, más allá, constituye la mejor forma de aprender dichos principios (Larkin, McDermott, Simon, & Simon, 1980).

En los últimos años, el cambio social propiciado por, entre otros factores, las nuevas tecnologías y la revolución de la información, está forzando a su vez cambios en el sistema educativo: de un modelo centrado en la enseñanza se está pasando a otro centrado en el aprendizaje.

En este contexto se imponen, cada vez con más fuerza, las prácticas de enseñanza-aprendizaje basadas en las teoría constructivistas (Novak, 1988), en detrimento de otras basadas en la simple transmisión-recepción de conocimientos. Como se va a discutir, es precisamente en este marco actual donde la resolución de problemas adquiere todo su potencial, reafirmandose como parte fundamental en el aprendizaje de física y ciencia en general.

Razones para investigar la resolución de problemas

Como ya se ha dicho, el peso que se le da en la enseñanza a la resolución de problemas es grande. Y sin embargo, existe un consenso acerca de las dificultades que muestran los alumnos a la hora de enfrentarse a esta tarea. Es decir, existe un problema con la resolución de problemas, valga la redundancia. Esa dificultad ha existido siempre (Gil Pérez, Dumas Carré, Caillot, Martínez-Torregrosa, & Ramírez-Castro, 1988) y llega hasta hoy a pesar de los esfuerzos de la investigación en la didáctica de las ciencias. Se constatan graves deficiencias conceptuales, procedimentales o actitudinales y, evidentemente malos resultados, en buena parte de los alumnos.

Cuando se pregunta a los profesores por las causas de este fracaso, es común que señalen a los propios estudiantes: la primera reacción del profesor es acusarlos de falta de interés o falta de capacidad, atribuyéndoles deficiencias formativas heredadas de etapas anteriores (Calatayud, Gil Pérez, & Gimeno Adelantado, 1992). Sin embargo, este razonamiento se tambalea cuando el

fracaso al resolver problemas no se da en un grupo reducido de alumnos (por ejemplo, aquellos que muestren un bajo rendimiento general), sino que se da de forma generalizada, incluyendo a estudiantes que son brillantes en otras facetas.

Lo cual lleva a ciertos autores, a plantear la posibilidad de cambiar la metodología de enseñanza-aprendizaje puesta en práctica, ya sea a nivel didáctico, epistemológico o incluso motivacional. Esta posibilidad, junto a la importancia ya comentada de estas tareas de resolución de problemas, justifica la investigación que se realiza en torno a esta cuestión.

A su vez, todo lo comentado justifica la realización de este trabajo por parte del autor, futuro docente. En él se va a realizar una primera aproximación a la resolución de problemas mediante investigación orientada de tareas abiertas. Se trata de una corriente de actuación fundamentada en el análisis de los fracasos y aciertos de las metodologías precedentes, por lo que se va a realizar un breve recorrido por la didáctica de las ciencias en la parte tocante a esta cuestión. Una vez tomada perspectiva, se van a realizar distintas actuaciones de inmersión.

Estado de la cuestión y relevancia del tema

Aportaciones de la investigación didáctica en resolución de problemas

La investigación en didáctica de las ciencias ha tratado de desarrollar estrategias y metodologías de enseñanza-aprendizaje adecuadas que solucionen o, al menos, mejoren la situación de fracaso imperante, arriba comentada, en las tareas de resolución de problemas. Típicamente, de entre todas esas metodologías, las más extendidas han sido dos: la algoritmización y la comparación entre expertos y novatos.

La idea de la algoritmización (Mettes, Pilot, Rossink, & Kramers-Pals, 1980) pretende explícitamente transformar los problemas en situaciones estándar, que puedan resolverse siguiendo una receta, como una secuencia de "operaciones rutinarias" que lleven a buen puerto. El punto débil de esta estrategia es que, dada la infinidad de tipologías y situaciones problemáticas, es imposible cubrir todas ellas mediante la algoritmización, dando como resultado que el alumno sólo aprende a resolver un limitado número de problemas, abandonando la tarea cuando no encuentra receta adecuada en su catálogo.

Por su parte, la comparación entre expertos y novatos trata de identificar las características de los buenos resolventes para inculcarlas en los novatos. Una buena revisión de estos trabajos se da en (Malone, 2006). De alguna forma, esta corriente trata de "enseñar a pescar" al estudiante pero, si bien ha dado buenos frutos en estudios aislados y teóricos, no se han llegado a establecer estrategias de trabajo generalizables al aula. Efectivamente, esta línea trata de identificar las características procedimentales que utilizan los buenos resolventes, en contraste con los novatos. A saber:

- Análisis inicial del problema
- Construcción de la solución
- Comprobación del resultado

El problema aparece en cómo inculcar esas habilidades en los alumnos: es decir, los resultados de esta línea de investigación son capaces de identificar e indicar qué hay que hacer, pero no cómo, más allá de ciertas instrucciones y directrices. En tanto en cuanto esto se acerca a la concepción transmisión-recepción de conocimientos, produce conductas que no perduran y aprendizajes poco significativos, como ha sido reconocido por los mismos autores. Incluso, el hecho de transmitir técnicas de resolución termina en algunos casos por hacer caer la metodología en la algoritmización

Alternativa: resolución de problemas mediante investigación

Al llegar a este punto, teniendo en cuenta el fracaso obtenido, se plantea por parte de algunos autores considerar una profunda revisión crítica de la didáctica en resolución de problemas (Guisasola, Ceberio, Almudí, & Zubimendi, 2007) (Gil Pérez, Dumas Carré, Caillot, Martínez-Torregrosa, & Ramírez-Castro, 1988). Para empezar, se plantea clarificar la idea misma de lo que es un problema.

¿Qué es un problema?

La definición varía según el autor, pero existe un cierto consenso en definirlo como una situación que presenta dificultades para las cuales no hay soluciones evidentes. O, en palabras de Polya (Polya, 1980): resolver un problema consiste en encontrar un camino allá donde no se conoce tal, encontrar una salida para una situación difícil, para vencer un obstáculo, para alcanzar un objetivo deseado, que no puede ser inmediatamente alcanzado.

Esta respuesta tiene ya connotaciones directamente opuestas con la idea de problema que es planteada frecuentemente en las aulas. Durante este trabajo se pondrá de manifiesto como, tanto profesores como libros de texto, han caído en la incoherencia de tratar de enseñar a resolver problemas mediante la explicación de “no-problemas”. Es decir, dichos profesores o textos exponen sus resoluciones como algo que se sabe hacer, y que además hay que

aprender, pero no como un proceso, incierto, de búsqueda de solución a una situación problemática. Esto se manifiesta en que sus resoluciones muestran deficiencias didácticas: a pesar de llegar a una solución correcta, no están de acuerdo con las características identificadas en los buenos resolventes, puesto que omiten procesos de análisis y/o razonamiento que debieran ser necesarios. Pasos que ellos, los profesores, sí han dado en realidad pero que, inconscientemente, olvidan exponer en las resoluciones. Y esto ocurre porque en estos casos, los profesores o libros de texto no están resolviendo nada, sino que exponen y desarrollan problemas “desproblematizados”: situaciones para las que ya conocen solución, o el camino que llevará a ella.

En cualquier caso, la reflexión acerca de la idea de “verdadero problema” conduzca la siguiente pregunta, que es precisamente aquella en la que han fracasado los dos modelos vistos: ¿Qué hacer para inculcar las buenas conductas de resolución en los alumnos? Pues bien, la metodología de resolución por investigación intenta aquí huir del error de los modelos anteriores (concepción transmisión/recepción) e intenta adoptar opciones cercanas a los puntos de vista constructivistas. Y para ello, vuelve el foco hacia los métodos de la investigación científica, preguntándose....

¿Qué hace un científico cuando tiene un problema?

Se insiste aquí en lo comentado arriba: considerar, no problemas tradicionales de aula (no-problemas), sino situaciones en las que esos expertos científicos se sientan, al igual que los estudiantes ante sus problemas de lápiz y papel, perdidos. La respuesta es que actúan como investigadores. Ese comportamiento se caracteriza por varias pautas (Chalmers, 1982):

- Se lleva a cabo un proceso previo mediante el que se acota, modela y parametriza una situación confusa, un verdadero problema que no está definido tal y como sí lo están los problemas de aula tradicionales.
- No se razona en términos de evidencias, sino de hipótesis, apoyadas más o menos en conocimientos adquiridos previamente.

- No se parte de datos, sino que éstos se buscan en función de las hipótesis.
- Se diseñan experimentos que puedan explicar el problema
- Se duda sistemáticamente de los resultados obtenidos y cuestionan en relación a las hipótesis, los caminos de resolución o el marco teórico.

Estos autores llaman la atención acerca de lo bien que la perspectiva de la metodología científica se identifica con la idea de problema que se acaba de discutir, y también de cómo sus actuaciones muestran muchas coincidencias con respecto a los pasos, ya comentados, que los expertos siguen cuando resuelven problemas de lápiz y papel.

Entonces, se vuelve a pensar aquí en lo comentado, al principio de todo, acerca de la importancia de los problemas en la enseñanza de la ciencia: si los problemas son la representación genuina de los fundamentos, las posibilidades y las aplicaciones de la ciencia, qué mejor manera de enseñar su resolución que haciendo investigación.

Los autores que propugnan esta metodología plantean la necesidad de una metodología coherente con el carácter constructivista del aprendizaje y, además, o, a la vez, coherente con la metodología científica. Mejor dicho, se plantea implantar una metodología de resolución de problemas próxima a la metodología científica, como medio para poder desarrollar unas prácticas de resolución de carácter, efectivamente, constructivista.

La resolución de problemas mediante investigación orientada es una metodología que pretende fomentar las actitudes científicas en los resolventes de problemas, convirtiendo dichas tareas tradicionales en hacer frente a verdaderos problemas.

Para ello, se argumenta que los “buenos” procedimientos de resolución no se pueden forzar y que sólo se dan cuando están adecuadamente motivados. Para inculcar estos mecanismos, se plantean las tareas abiertas.

Tareas abiertas y sin datos

Se ha constatado que uno de los defectos de los novatos, en contraste con los expertos, es comenzar la resolución de problemas tomando los datos de los enunciados como punto de partida. De hecho, esta es una de las instrucciones que suelen dar los métodos de algoritmización: recopilar los datos, lanzarse a buscar las ecuaciones que involucren a las magnitudes que corresponden a dichos datos y a las incógnitas, y despejar (resolución hacia arriba a partir de los datos y/o las preguntas). Los autores que defienden la resolución por investigación sitúan aquí uno de los puntos de origen de la problemática, aduciendo que los conocimientos no deben inducirse de los datos particulares sino que son estos los que se deducen de los conocimientos.

Por ello, y para eliminar esta opción, plantean eliminar en lo posible la aparición de datos en los enunciados. Más aún, se plantea la necesidad de eliminar en ellos las indicaciones que particularicen las situaciones. Es decir, se aboga por situaciones generales, que obliguen al resolvente a ser él el que realice las pertinentes acotaciones y simplificaciones. De hecho, esto es lo que todo problema real representa al principio: una situación confusa que es necesario redefinir previamente en términos conocidos, mediante acotaciones, simplificaciones, etc., para poder ser resuelta. La inclusión de datos, las excesivas indicaciones o las consignas directas encaminan la resolución del estudiante antes de tiempo, dándole hecho parte importante del trabajo y “robándole” la oportunidad de llevar a cabo las fases de análisis. Fases de análisis que, como se ha dicho, han sido identificadas en los expertos y cuya ausencia se critica en los novatos.

Así, para erradicar todo esto, los defensores de esta línea de investigación propugnan la sustitución de tradicionales problemas cerrados por tareas abiertas, en las que no se planteen situaciones particularizadas, sino generales, sin referencias a datos concretos. Se intenta con este modelo de investigación orientada motivar las buenas resoluciones, impulsar la creatividad

y fomentar los cambios conceptuales. Para ello, defiende que mediante las tareas abiertas se realiza (Guisasola, Ceberio, Almudí, & Zubimendi, 2007):

- Análisis cualitativo previo de los problemas: comporta acotar, modelar, simplificar, clarificar los objetivos e implica tomar decisiones razonadas. Pasar de una situación problemática a un problema concreto. Eliminar los datos obliga a realizar esta aproximación, pues es la que lleva a encontrar dichos datos sin los que no se puede operar. Diferentes investigaciones muestran que los alumnos son capaces de realizar el análisis. Además, este procedimiento lleva además a las primeras hipótesis.
- Construcción de hipótesis: la ciencia se caracteriza por un razonamiento basado en hipótesis y no en evidencias. Son consideradas frecuentemente como una pérdida de tiempo por los estudiantes. Y se omiten muchas veces en las exposiciones de los profesores, cuando se enseña por transmisión/recepción de conocimientos elaborados. Pero se hacen imprescindibles al enfrentar tareas abiertas, en realidad, las hipótesis focalizan y orientan las resoluciones, así como permiten analizar los resultados. Producen profundización de los conceptos y su elaboración y contraste constituye una herramienta para falsear las preconcepciones alternativas y erróneas de los estudiantes. Cada falsación se convierte en una oportunidad de conflicto cognitivo y de cambio conceptual, lo cual es una de las bases del aprendizaje.
- Diseño de estrategias de resolución: Son los equivalentes a los diseños experimentales en la actividad científica. Los problemas habituales hacen uso de conocimientos y técnicas ya elaboradas. Sin embargo, la diversificación de problemas hace necesario un número excesivo de conocimientos ya elaborados (fórmulas). Esto no es aceptado por la nueva metodología: no se trata de reconocer entre multitud de fórmulas o estrategias, vistas quizás en otras resoluciones, una para cada situación tipo, sino de diseñar la más adecuada a partir de unos pocos principios de los que se puedan construir nuevas aplicaciones, que se

conviertan en nuevos conocimientos. Una tarea abierta propugna esta idea y la hace inevitable al no proponer ejercicios estándar.

La estrategia de resolución se convierte entonces en un refinamiento sucesivo de los principios hacia el caso concreto. Además, la elaboración de no una, sino varias estrategias conducen a cohesionar los conceptos y a profundizar en su entendimiento. La disposición de más de un camino eleva las posibilidades de éxito, pues si una estrategia lleva al bloqueo, se puede intentar con otra.

- Resoluciones detalladas: el hecho de exponer las resoluciones de la forma más detallada permite un mejor análisis de la situación cuando es necesario volver atrás. Además, ayudan a no perderse y a mantenerse cerca de los principios manejados sin desviarse.
- Análisis de resultados: En relación a su plausibilidad, su coherencia teórica y dimensional, coherencia con parámetros y con las hipótesis, con situaciones límite. Esta fase final es la que permite al resolvente juzgar si las soluciones dadas al problema son potencialmente ciertas. Y es la que a menudo resulta imposible de realizar en los problemas ya que no existe análisis previo ni hipótesis lanzadas previamente con respecto a las cuales evaluar los resultados. De hecho, frecuentemente los profesores no realizan este análisis puesto que saben que sus resoluciones son correctas (visión desproblematizada). Sin embargo, el análisis es necesario en una situación de problema real, que es a lo que se enfrenta el estudiante.

Además, el análisis, sea cual sea la conclusión (solución correcta o incorrecta) conlleva un ejercicio teórico que también conduce a una profundización de los conocimientos.

En la actualidad

La implantación de esta metodología no se ha dado a día de hoy. Y ello a pesar de que lleva ya un recorrido de más de treinta años con numerosos estudios favorables. Pero, efectivamente, existen dificultades en relación a que:

- La metodología es difícil de establecer, a la vez que la tradición operativa es difícil de desbancar. Para que tenga éxito, ha de ser trabajada con reiteración.
- Es cara: requiere crear condiciones de estudio, motivación para un trabajo mayor, requiere tiempo de preparación, insistencia ante el rechazo inicial, etc.
- Los estudiantes han de sacrificar tiempo de realización de otro tipo de ejercicios.
- La forma de preguntar es delicada, debe suponer un reto pero no debe sobrepasar las capacidades cognitivas del alumno. Por tanto, exige de profunda preparación en el profesor.

En un ámbito general, la investigación en didáctica de las ciencias sigue trabajando en la resolución de problemas, que no ha sido desbancada como herramienta fundamental en el aprendizaje de física. Puede decirse que, en coherencia con el camino seguido en las últimas décadas, se continua analizando las características del aprendizaje efectivo. Muchos de esos trabajos ahondan en la visión constructivista, explorando la asimilación de conceptos (López Campos, 2010) o incluso el papel de los problemas en la formación de pensamiento crítico general (Laitón Poveda, 2011). Asimismo, se siguen estudiando las dificultades de los alumnos en la comprensión de los enunciados y en la influencia de estos y de su tipología en los resultados (Benegas & Villegas, 2011). Diversos estudios siguen analizando los procedimientos utilizados por los alumnos en la resolución de problemas, ya sea en la fase de análisis, de verbalización o de representación gráfica (Idoyaga & Lorenzo, 2014).

La problemática de la metodología sigue abierta y, si bien, parece que hay un consenso en cuanto a la bondad de la visión constructivista de la enseñanza-aprendizaje (como se ha visto en este máster, sin ir más lejos), se siguen abordando trabajos que apoyan las distintas metodologías vistas (algoritmización, expertos-novatos, investigación orientada].

Objetivos

Mediante este trabajo, su autor pretende introducirse en la metodología de la resolución de tareas abiertas. Para ello, se van a dar dos pasos

1. Reconocer, en el marco teórico descrito, las características de la metodología utilizada en la resolución de problemas por parte de un libro de texto actual de 4º de ESO. Esto puede servir de ejemplo sobre cómo se desarrolla comúnmente la enseñanza-aprendizaje en resolución de problemas y atiende al análisis tanto de los enunciados como de las resoluciones de problemas que se realizan en dicho libro.
2. Iniciarse en la metodología de investigación orientada. Para ello se llevan a cabo dos actividades:
 - a. Transformar los enunciados de problemas de un libro de texto actual, adaptándolos a la metodología de investigación orientada mediante tareas abiertas.
 - b. Proponer tareas abiertas originales.

Materiales y métodos

Herramienta de análisis de los enunciados y resoluciones

Esta herramienta está propuesta en el libro de Guisasola (Guisasola, Ceberio, Almudí, & Zubimendi, 2007) y tiene por objeto analizar las resoluciones de problemas en el marco de la metodología de resolución por investigación.

Dicha metodología se apoya en las aportaciones presentadas al final del capítulo anterior. Se presenta en la Tabla 1 como una lista de ítems relacionados con la resolución de problemas. Para el análisis de los problemas, se analiza si cada ítem aparece o no reflejado, tanto en lo correspondiente a los enunciados como respecto a las resoluciones.

Transformación de los enunciados tradicionales hacia una concepción de tarea abierta

Esta es una tarea ya desarrollada en otras obras (Ramírez Castro, Gil Pérez, & Martínez-Torregrosa, 1994) y que constituye un buen ejercicio para los docentes interesados en asimilar y poner en práctica la metodología. Para realizarlo, se tratará de captar los conceptos involucrados en los problemas originales y transformar los enunciados siguiendo dos pautas:

- Eliminar en lo posible los datos.
- Evitar las referencias a marco teórico o variables involucradas.
- Formular el problema de una manera abierta, evitando acotaciones o simplificaciones.
- Plantear la situación de la manera más estimulante posible, ya sea trabajando con contextos cotidianos o CTS

CATEGORÍA	ITEM	SÍ/NO
1. Interés	Se presenta	
2. Tipo de situación	Situación cotidiana o CTS	
3. Presentación de la información	Específica	
	Valores numéricos	
	Todos los datos o la mayoría	
	Simplificaciones a realizar	
	Referencia al marco teórico	
4. Lo que se pide	Consigna o pregunta directa	
5. Análisis cualitativo	Aclara el objetivo	
	Discute el sistema físico	
	Hace descripción verbal o gráfica	
	Acota o modela la situación	
	Reconoce marco teórico	
	Identifica variables	
	Búsqueda de datos. Plantea interrogantes	
6. Emisión de hipótesis	Evolución del sistema	
	Dependencia de variables	
	Procesos de control o eliminación de variables	
	Casos límite	
7. Elaboración de estrategias	Subdivisión en etapas	
	Elección de leyes o principios	
	Valoración de posibles vías alternativas	
	Descripción secuencial	
8. Resolución	Literal hasta el final	
	Verbalización	
	Obtiene valores numéricos	
	Representa gráficamente el resultado	
9. Análisis	Coherencia teórica	
	Plausibilidad	
	Coherencia dimensional	
	Coherencia con hipótesis	
	Ajustado con situaciones límite	
	¿Resultados mediante otras vías?	
10. Nuevas perspectivas	Otras modelos	
	Otras hipótesis	
	Otro nivel de profundidad	
	Relación con otras cuestiones	
	Nuevos problemas	

Tabla 1: lista de ítems para el análisis de los enunciados y resoluciones de problemas

Planteamiento de tareas abiertas originales

Una vez analizado el tratamiento de la resolución de problemas que se hace por parte de un libro de texto de orientación más tradicional y tras haber ensayado la transformación de sus problemas de lápiz y papel en tareas de carácter abierto, se propone diseñar tareas originales susceptibles de ser llevadas al aula.

Este proceso es posible después de haber realizado el entrenamiento anterior.

Resultados

Análisis de la metodología en resolución de problemas seguida en un libro de texto actual de 4º ESO

Se ha analizado la tarea de resolución de problemas llevada a cabo en el libro de 4º de ESO de Física y Química de la Editorial Santillana (2011). Se trata de un libro reciente, adaptado al currículo desarrollado por la Ley Orgánica de Educación (2006). De manera que puede haber distintos tipos y niveles de ejercicios y problemas a lo largo del desarrollo de cada unidad didáctica, se ha optado en este trabajo por el análisis de una de ellas solamente, y en su totalidad. De esta forma se abarcan esos distintos niveles u orientaciones dentro de esa unidad, cosa que podría no darse si se hubiera optado por analizar una selección de ejercicios de todo el libro, en la que hubiera cabido un número parecido de actividades pero de una variedad aleatoria en lo que a tipología o nivel de dificultad se refiere.

En las figuras siguientes se aportan los 8 ejercicios resueltos que aparecen en la unidad didáctica 5, la cual está dedicada a los conceptos de trabajo y energía.

1. EJERCICIO RESUELTO

El cochecito de la figura tiene una masa de 750 g y tiramos de él con una fuerza de 5 N. Conseguimos que se desplace 80 cm. El coeficiente de rozamiento entre el coche y el plano es 0,4. Calcula:

- El trabajo que realiza la fuerza \vec{F} .
- El trabajo que realizan las fuerzas \vec{P} y \vec{N} .
- El trabajo que realiza la fuerza de rozamiento.
- El trabajo total que se realiza sobre el cochecito.

a) $W_F = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = 5 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot \cos 0^\circ = 5 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot 1 = 4 \text{ J}$

b) $W_P = P \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = P \cdot \Delta x \cdot \cos 90^\circ = P \cdot \Delta x \cdot 0 = 0$

\vec{P} y \vec{N} son fuerzas perpendiculares al movimiento. Por tanto, el trabajo que realizan es nulo.

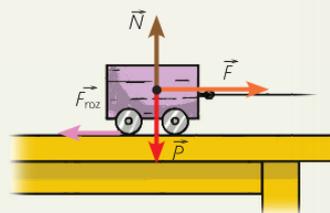
- c) Calculamos el valor de la fuerza de rozamiento y, a continuación, el trabajo realizado por dicha fuerza:

$$F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g = 0,4 \cdot 0,75 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 2,94 \text{ N} \rightarrow$$

$$\rightarrow W_{\text{roz}} = F_{\text{roz}} \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = 2,94 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot \cos 180^\circ = 2,94 \text{ N} \cdot 0,8 \text{ m} \cdot (-1) = -2,35 \text{ J}$$

d) $W_T = W_F + W_{\text{roz}} = 4 \text{ J} - 2,35 \text{ J} = 1,65 \text{ J}$.

Es decir, del trabajo realizado al tirar del carrito (4 J), solo se aprovechan 1,65 J. El resto se pierde debido al rozamiento.



2. EJERCICIO RESUELTO

Un cuerpo de 5 kg se desliza por un plano inclinado 30° respecto a la horizontal. Suponiendo que parte del reposo, calcula su velocidad cuando haya recorrido 10 m:

- Si no hay rozamiento entre el cuerpo y el plano.
- Si el coeficiente de rozamiento entre el cuerpo y el plano es 0,3.

En el punto 1 el cuerpo se encuentra a una altura h con respecto al punto 2.

$$\text{sen } 30^\circ = \frac{h}{10} \rightarrow h = 10 \cdot \text{sen } 30^\circ = 5 \text{ m}$$

Calculamos la velocidad en el punto 2 utilizando el principio de conservación de la energía mecánica:

$$E_{M1} = E_{M2} + F_{\text{roz}} \cdot \Delta x$$

- Si no hay rozamiento, $E_{C1} + E_{P1} = E_{C2} + E_{P2}$.

En el punto 1 el cuerpo está en reposo. Por tanto, $v_1 = 0 \rightarrow E_{C1} = 0$.

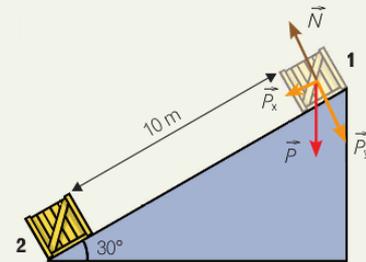
Tomando como referencia la altura en el punto 2, $h_2 = 0 \rightarrow E_{P2} = 0$.

$$0 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + 0 \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 5} = 9,9 \text{ m/s}$$

- Si hay rozamiento: $F_{\text{roz}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot P \cdot \cos 30^\circ = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ$

$$E_{M1} = E_{M2} + F_{\text{roz}} \cdot \Delta x \rightarrow 0 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x \rightarrow 2 \cdot (g \cdot h - \mu \cdot g \cdot \cos 30^\circ \cdot \Delta x) = v^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow v^2 = 2 \cdot (9,8 \cdot 5 - 0,3 \cdot 9,8 \cdot \cos 30^\circ \cdot 10) \rightarrow v = \sqrt{2 \cdot (49 - 25,5)} = 6,9 \text{ m/s}$$



En lo que concierne a la temática de los problemas, se comprueba que, salvo en los ejercicios 1 y 2, en los cuales es de corte académico, en el resto trata de situaciones cotidianas de más o menos interés aplicado (profesional, deporte, coches, etc.). Por su lado, en el caso del problema 3 se aborda una situación CTS, relacionada con la energía de un salto de agua. Esto está de acuerdo con las observaciones que se vienen realizando en los últimos años respecto a la mejora de los textos en este sentido (Guisasola, Ceberio, Almudí, & Zubimendi,

2007). Aún así, en ningún caso se presenta o discute el interés de esa situación.

La presentación de la información es un aspecto que se presenta en claro desacuerdo con la metodología de investigación: en todos los casos se presentan los detalles específicos de la situación, así como todos los datos, con valores numéricos,

3. EJERCICIO RESUELTO

Calcula la energía potencial gravitatoria que posee un salto de agua que embalsa 20 millones de metros cúbicos de agua a 150 m de altura. Expresa el resultado en julios y en kWh.

Recordamos que 1 dm^3 de agua contiene una masa de 1 kg. Entonces, 20 millones de m^3 tendrán una masa de agua de $2 \cdot 10^{10} \text{ kg}$.

La energía potencial es proporcional a la masa y a la altura:

$$E_p = m \cdot g \cdot h = 2 \cdot 10^{10} \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 150 \text{ m} = 2,94 \cdot 10^{13} \text{ J}$$

El kWh es una unidad de trabajo o de energía que equivale a 3600 kJ.

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s} = 3\,600\,000 \text{ J}$$

$$E_p = 2,94 \cdot 10^{13} \text{ J} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{3\,600\,000 \text{ J}} = 8,17 \cdot 10^6 \text{ kWh}$$

4. EJERCICIO RESUELTO

Calcula el trabajo que se realiza cuando se tira con una fuerza constante de 10 N sobre una maleta para desplazarla horizontalmente 3 m cuando el ángulo entre la fuerza y el desplazamiento tiene los valores:

- a) 0° b) 45°
c) 90° d) 180°

El trabajo es una magnitud escalar definida como el producto de la fuerza efectiva que desplaza al cuerpo por el camino recorrido por su punto de aplicación:

$$W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$$

- a) La fuerza aplicada coincide con la dirección del desplazamiento ($\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$).

$$W = F \cdot \Delta x = 10 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} = 30 \text{ J}$$

- b) La fuerza efectiva que realiza trabajo es la componente horizontal (F_x).
Cuando $\alpha = 45^\circ$, $\cos \alpha = 0,7$.

$$W = F \cdot \Delta x \cdot 0,7 = 10 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} \cdot 0,7 = 21 \text{ J} < 30 \text{ J}$$

- c) Cuando la fuerza es perpendicular al desplazamiento, el trabajo efectivo es nulo ($\alpha = 90^\circ$, $\cos \alpha = 0$).

$$W = F \cdot \Delta x \cdot 0 = 0 \text{ J}$$

- d) Cuando la fuerza tiene la dirección del movimiento pero se opone al mismo, el trabajo es negativo. Es el caso de las fuerzas de rozamiento, donde la fuerza y el desplazamiento forman un ángulo de 180° ($\alpha = 180^\circ$, $\cos \alpha = -1$).

$$W = F \cdot \Delta x \cdot (-1) = -10 \text{ N} \cdot 3 \text{ m} = -30 \text{ J}$$

Observa que el trabajo de una fuerza es máximo cuando su dirección y sentido coinciden con los del movimiento.

necesarios para dar respuesta a las preguntas planteadas. Preguntas que, además, se plantean de un modo totalmente dirigido y cerrado.

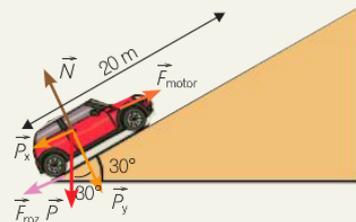
5. EJERCICIO RESUELTO

Un coche de una tonelada de masa sube una rampa inclinada 30° . El motor tira de él con una fuerza de 10 000 N y entre el coche y la superficie hay un coeficiente de rozamiento de 0,3.

Calcula el trabajo que realiza cada una de las fuerzas que actúan sobre el coche y la fuerza total cuando ha recorrido los 20 m de la rampa.

Dibujamos las fuerzas que actúan sobre el coche y calculamos el trabajo de cada una.

$$W = F \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$$



La **fuerza del motor** tiene la dirección y sentido del movimiento ($\alpha = 0^\circ$, $\cos \alpha = 1$).

$$W_{\text{motor}} = F_{\text{motor}} \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x = 10\,000 \text{ N} \cdot 1 \cdot 20 \text{ m} = 200\,000 \text{ J}$$

La **fuerza peso** forma un ángulo de $180^\circ + 60^\circ$ respecto al movimiento ($\alpha = 240^\circ$, $\cos \alpha = -0,5$).

$$W_{\text{peso}} = m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x = 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot (-0,5) \cdot 20 \text{ m} = -98\,000 \text{ J}$$

Si descomponemos la fuerza peso en sus componentes horizontal y vertical, el trabajo debido a esta última es nulo, y solo realiza trabajo la componente P_x . Su valor coincide con el que hemos calculado antes.

La **fuerza normal** es perpendicular al movimiento, ($\alpha = 90^\circ$, $\cos \alpha = 0$).

$$W_{\text{normal}} = N \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x = 0$$

La **fuerza de rozamiento** tiene la dirección del movimiento y sentido opuesto al mismo ($\alpha = 180^\circ$, $\cos \alpha = -1$).

$$W_{\text{rozamiento}} = F_{\text{rozamiento}} \cdot \cos \alpha \cdot \Delta x$$

$$F_{\text{rozamiento}} = \mu \cdot N = \mu \cdot P_y = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos \alpha \rightarrow F_{\text{roz}} = 0,3 \cdot 1000 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot \cos 30^\circ = 2546 \text{ N}$$

$$W_{\text{rozamiento}} = 2546 \text{ N} \cdot \cos 180^\circ \cdot 20 \text{ m} = -50\,920 \text{ J}$$

$$W_{\text{total}} = W_{\text{motor}} + W_{\text{peso}} + W_{\text{normal}} + W_{\text{rozamiento}}$$

$$W_{\text{total}} = 200\,000 \text{ J} - 98\,000 \text{ J} + 0 \text{ J} - 50\,920 \text{ J} = 51\,080 \text{ J}$$

Obtendríamos el mismo resultado si hubiésemos calculado la fuerza resultante que actúa sobre el coche y luego el trabajo debido a esa resultante.

En cuanto al análisis cualitativo previo, es escaso. El único caso en el que se da la ocasión de aclarar el objetivo es en el problema 7, en el que se identifica que hay que calcular la potencia de trabajo de los albañiles. En los demás, se pierde esta oportunidad didáctica, pues el objetivo viene expuesto en el propio

enunciado. La discusión del sistema físico es variable: su ausencia es lógica en los ejercicios 1 y 2 y 8, debido a que se trata de la aplicación de casos explicados en el desarrollo teórico de la unidad; no se da en los problemas 3, 6 y 7, aún siendo conveniente en todos ellos. En el problema 4 se verbalizan los valores de fuerza y ángulo en los diferentes casos planteados por el enunciado, pero no se discute el significado real de esos ángulos: una representación

6. EJERCICIO RESUELTO

Un saltador de pértiga de 70 kg alcanza una velocidad máxima de 10 m/s. Suponemos que la pértiga permite transformar toda la energía cinética en potencial.

- ¿Hasta qué altura podrá elevarse?
- ¿Cuál es su energía al caer en la colchoneta?
- ¿Y su velocidad?

a) La energía cinética al inicio del salto es:

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot 70 \text{ kg} \cdot 100 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 3500 \text{ J}$$

Suponiendo que no hay rozamiento, el valor de la energía mecánica se mantiene constante durante todo el tiempo que está subiendo.

En consecuencia, cuando el saltador se encuentra en la altura máxima, la energía mecánica será la misma e igual a la potencial, ya que la energía cinética en ese punto es nula.

$$E_M = E_P = m \cdot g \cdot h \rightarrow$$

$$\rightarrow h = \frac{E_P}{m \cdot g} = \frac{3500 \text{ J}}{70 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2} = 5,1 \text{ m}$$

- Como la energía mecánica se conserva, su valor será el mismo en todos los puntos del recorrido, tanto cuando sube como cuando baja. Como consecuencia, la energía al caer en la colchoneta será la misma que la que había alcanzado al final de la carrera y en el punto de máxima altura: 3500 J.
- La velocidad con la que caerá en la colchoneta es la misma que la que tenía inicialmente, ya que la energía mecánica es la misma en todo momento.

$$\Delta E_M = 0 \rightarrow E_{M \text{ inicial}} = E_{M \text{ final}}$$

$$E_{P \text{ inicial}} + E_{C \text{ inicial}} = E_{P \text{ final}} + E_{C \text{ final}}$$

Como a nivel del suelo:

$$E_P = 0 \rightarrow E_{C \text{ inicial}} = E_{C \text{ final}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{inicial}}^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{final}}^2 \rightarrow v_{\text{inicial}}^2 = v_{\text{final}}^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow v_{\text{inicial}} = v_{\text{final}} = 10 \text{ m/s}$$

gráfica sería deseable. Por último, sí se efectúa un buen análisis en el problema 5, en el que además de realizarse una representación gráfica, se discute verbalmente el papel de las fuerzas que intervienen.

En ninguno de los casos propicia el enunciado la ocasión de modelar o acotar el sistema. Del mismo modo, la identificación de variables o la búsqueda de datos es inexistente: esta es la característica de contraste más clara entre los problemas cerrados y las situaciones abiertas: el carácter absolutamente determinado de los primeros hace desaparecer la aparición del análisis o modelado previo de la situación.

En este sentido, el problema 6 es interesante y podría ser muy bien

convertido a una tarea abierta. Un enunciado válido sería: *¿Con qué velocidad se impulsa un saltador de pértiga?* Por el contrario, el enunciado en el libro acota la situación, haciendo que se pierdan oportunidades por parte del alumno

para buscar datos y reconocer variables. Todo eso viene ya dado, tanto por el enunciado como por la preguntas directas.

En cuanto la emisión de hipótesis, tan sólo en el problema 6 parece sugerirse una apuesta por la evolución del saltador (al ir ascendiendo). En los restantes problemas, las hipótesis brillan por su ausencia, a pesar de que en algunos casos se podría dar. Por ejemplo, en los ejercicios de plano inclinado, no se cuenta previamente con la posibilidad de que el rozamiento iguale a la componente paralela al plano del peso, imposibilitando de este modo el movimiento hacia abajo del cuerpo.

Como ya se ha comentado, la omisión de las hipótesis se da cuando los presuntos problemas se convierten en no-problemas. Lo mismo ocurre con la elaboración de estrategias de resolución: si bien es cierto que en todos los casos se explicitan las leyes o principios que se van a utilizar en la resolución,

no suele haber lugar para valorar vías alternativas. En estos ejemplos, esa

7. EJERCICIO RESUELTO

Un capataz debe elegir al albañil mejor cualificado para cargar ladrillos.

- El primero de ellos, Manolo, levanta 100 ladrillos de 1 kg cada uno hasta una altura de 2 m en 30 s.
- El segundo, María, levanta los mismos ladrillos hasta 1,5 m en un tiempo de 20 s.

¿A cuál debe elegir? ¿Por qué?

Es importante el trabajo efectuado por una fuerza, pero es más importante la eficacia o rapidez con que se realiza el trabajo. La magnitud que relaciona el trabajo con el tiempo es la potencia.

Los dos albañiles desarrollan la misma fuerza durante la prueba, que equivale al peso de los 100 ladrillos:

$$F = P = m \cdot g = 100 \cdot 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ N}$$

Siendo de 0° el ángulo entre la fuerza y el desplazamiento ($\cos 0^\circ = 1$).

- Manolo realiza un trabajo igual a:

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = 980 \text{ N} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 = 1960 \text{ J}$$

Al ser realizado en 30 s, la potencia es:

$$\mathcal{P} = \frac{W}{t} = \frac{1960 \text{ J}}{30 \text{ s}} = 65,3 \text{ W}$$

- El trabajo realizado por María es:

$$W = F \cdot \Delta x \cdot \cos \alpha = 980 \text{ N} \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 1 = 1470 \text{ J}$$

El trabajo es algo menor. Sin embargo, al realizarlo durante un reducido tiempo, la potencia es mayor:

$$\mathcal{P} = \frac{W}{t} = \frac{1470 \text{ J}}{20 \text{ s}} = 73,5 \text{ W}$$

El capataz, sin dudar, deberá contratar a María, ya que desarrolla mayor potencia al cargar ladrillos.

8. EJERCICIO RESUELTO

Se quiere levantar un bloque de hormigón de 500 kg con una palanca de primer género de 2 m de longitud. El fulcro (punto de apoyo) se encuentra a 40 cm del bloque.

- Calcula la fuerza que hay que aplicar en el otro extremo.
- ¿Cuántos kilogramos tendríamos que colocar para levantar el bloque?

- La fuerza que hay que vencer es igual al peso del bloque de hormigón

$$F_2 = 500 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 4900 \text{ N}$$

Las distancias al punto de apoyo son:

$$d_2 = 0,4 \text{ m}; d_1 = 2 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

Sustituyendo en la expresión $F_1 \cdot d_1 = F_2 \cdot d_2$:

$$F_1 \cdot 1,6 \text{ m} = 4900 \text{ N} \cdot 0,4 \text{ m} \rightarrow F_1 = 1225 \text{ N}$$

Habrá que realizar una fuerza cuatro veces menor que el peso del bloque.

- Para obtener la masa que se debería colocar para levantar el bloque solo hay que recordar que en este caso la fuerza la realiza el peso.

$$P = m \cdot g \rightarrow m = \frac{P}{g} = m = \frac{1225 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2} = 125 \text{ kg}$$

La masa necesaria, al igual que la fuerza, es cuatro veces menor que la del bloque.

valoración tan sólo se da en el problema 5, donde se apunta, al final del desarrollo, la posibilidad de haber obtenido el mismo resultado calculando el trabajo de la fuerza resultante en lugar de considerar la suma de trabajos de las fuerzas parciales. Nuevamente, ya que el autor sabe que la solución es correcta de antemano, omite esa resolución alternativa, pues no le es necesaria.

En el ejercicio 2, se utiliza una expresión ya elaborada del principio de conservación de la energía aplicado al caso de la existencia de rozamiento: no hay lugar en la exposición para tomar el principio general y llegar a esa expresión particular puesto que ya se hizo anteriormente, consistiendo este paso en una aplicación de conocimiento ya elaborado durante el desarrollo teórico de los contenidos.

A pesar de todo, las resoluciones tienen, en general, una buena verbalización.

Sin embargo, se vuelve a echar en falta el análisis de dichos resultados. En ningún caso se valora la plausibilidad de los números obtenidos, ni desde el punto de vista teórico ni desde el punto de vista dimensional. Por ejemplo, en el problema 3 habría lugar para una discusión, que se echa en falta, acerca del significado de los valores numéricos en relación con la cuestión social de obtención y gestión de energía. Tan sólo en el problema 4 se apunta la coherencia de los resultados atendiendo a los casos límite de los valores del trabajo en función de la dirección de fuerza y desplazamiento. Por otro lado, en lo que se refiere a la contrastación de hipótesis, nada puede existir pues aquellas no existieron. Excepcionalmente esto se podría dar en el problema 6, en el sentido de que la velocidad al caer en la colchoneta será la misma que al comienzo, nada más saltar. Esto sería posible argumentando que la energía potencial en lo alto vuelve a convertirse en energía cinética. Por otro lado, podría evaluarse lo que implican las soluciones encontradas. Así, en el caso del embalse, se podría discutir el orden de magnitud de la energía potencial calculada en el marco CTS de la obtención y uso de recursos energéticos.

A tenor de estos apuntes, se concluye que los enunciados analizados responden al perfil de tarea cerrada y perfectamente definida.

En cuanto a su resolución, si bien es completa y verbalizada hasta el final, se puede decir que se caracteriza por la ausencia de análisis previo y posterior. Además, según la metodología de resolución por investigación, se trataría de explicaciones directas de situaciones problemáticas que ya no lo son, pues muestran al alumno el camino correcto a la respuesta pero no los posibles naufragios.

En global, se comprueba como en estas resoluciones no aparecen las fases de carácter analítico: en algunos casos, la forma de los enunciados anula dichas fases; en otros, simplemente es omitida en razón del carácter desproblematizado de la resolución.

Este análisis ha realizado con la totalidad de ejercicios de física resueltos en el libro (50 problemas repartidos en 7 unidades), con el objeto de tener una muestra razonable. En la Tabla 2 se muestra el resultado de dicho análisis, obteniéndose resultados en la misma línea. Se observan porcentajes altos de aparición de los elementos que la metodología de resolución como investigación considera prescindibles en los enunciados: datos, acotaciones, referencias al marco teórico, etc. Por otro lado y, como se ha argumentado quizás por la sobreinformación en los enunciados, se aprecian bajos porcentajes de aparición de los items correspondientes al análisis previo y posterior en las resoluciones.

Por ello, se considera que el libro texto que se ha tomado como ejemplo no desarrolla tareas enfocadas a la resolución por investigación.

CATEGORÍA	ITEM	(%)
Interés	Se presenta	2
Tipo de situación	Situación cotidiana o CTS	28
Presentación de la información	Específica	96
	Valores numéricos	96
	Todos los datos o la mayoría	94
	Simplificaciones a realizar	12
	Referencia al marco teórico	78
Lo que se pide	Consigna o pregunta directa	94
Análisis cualitativo	Aclara el objetivo	4
	Discute el sistema físico	56
	Hace descripción verbal o gráfica	78
	Acota situación para modelizarla	4
	Reconoce marco teórico	6
	Identifica variables	8
	Identifica partes del problema	0
	Búsqueda de datos. Plantea interrogantes	0
Emisión de hipótesis	Evolución del sistema	26
	Dependencia de variables	2
	Procesos de control o eliminación de variables	0
	Casos límite	0
Elaboración de estrategias	Subdivisión en etapas	0
	Elección de leyes o principios	78
	Valoración de posibles vías alternativas	0
	Descripción secuencial	4
Resolución	Literal hasta el final	96
	Verbalización	72
	Obtiene valores numéricos	92
	Representa gráficamente el resultado	2
Análisis de resultados	Coherencia teórica	12
	Plausibilidad	8
	Coherencia dimensional	0
	Coherencia con hipótesis	0
	Ajustado con situaciones límite	2
	¿Resultados mediante otras vías?	12
Nuevas perspectivas	Otras modelos	0
	Otras hipótesis	0
	Otro nivel de profundidad	0
	Relación con otras cuestiones	0
	Nuevos problemas	0

Tabla 2: resultados de análisis de los problemas resueltos en un libro de texto de FyQ de 4º de ESO

Enunciados transformados a tarea abierta

En las siguientes páginas, se da una selección, clasificada por unidades, de los problemas del libro de texto que han sido transformados en forma de tarea abierta. Esta es una labor que ya se ha realizado en otros trabajos (Ramírez Castro, Gil Pérez, & Martínez-Torregrosa, 1994). Sin embargo, el proceso no es repetitivo, sino que se hace necesario en un docente para entender en profundidad la metodología propuesta (Guisasola Aranzábal, Ceberio Gárate, Almudí García, & Zubimendi Herránz, 2011), puesto que requiere de reflexión: se busca hacer más interesantes los enunciados desde el punto de vista de esta metodología pero, a la vez, no han de superar las capacidades de los estudiantes.

Tema1 – El movimiento

Velocidad

1. **Original:** Seguridad vial: Indica cuál debe ser la distancia mínima de seguridad para un coche que circula a 120 km/h

Modificado: *¿Cuál es la distancia de seguridad que debe mantener un coche?*

2. **Original:** El pez espada puede alcanzar velocidades de 130 km/h cuando se desplaza por el mar
 - a. Calcula el tiempo que tardaría en cruzar el estrecho de Gibraltar, que mide 14,4 km
 - b. Cuánto tiempo tardaría el nadador David Meca en realizar esta travesía si nada a una velocidad de 8 km/h

Modificado: *Si David Meca y un pez espada echaran una carrera por el estrecho de Gibraltar, ¿cuánto tiempo habría de esperar el ganador en la meta?*

Movimiento rectilíneo uniforme

3. **Original:** ¿Cuál será la velocidad media si recorremos los 9 primeros kilómetros a 90 km/h y el kilómetro restante a 54 km/h? ¿Y si recorremos 5 km/h y otros 5 a 90 km/h?

Modificado: ¿Cuál es la velocidad media de un atleta en una prueba de triatlón?

4. **Original:** Ana vive a 3 km del Instituto y María, en la misma carretera, 500 m más lejos. Todas las mañanas, a las 8 y cuarto, cogen la bici para ir a clase. Ana pedalea a 6 m/s, y María, a 8 m/s.
- ¿Cuándo y dónde se encuentran?
 - ¿A qué velocidad tendría que pedalear Ana, como mínimo, para que María no le alcanzase antes de llegar al instituto?

Modificado: Ana y María viven en edificios separados de la misma calle. Todos los días salen en bici a las 8 y cuarto para ir clase. ¿Llegan a la vez o en momentos diferentes?

Aceleración

5. **Original:** Calcula la aceleración de cada móvil suponiendo que, partiendo del reposo, al cabo de diez segundos alcanzan la velocidad indicada.
- Coche de formula 1: 250 km/h
 - Atleta de élite: 10 m/s
 - Caracol comedor: 10 m/h

Modificado Alternativa 1: ¿Cuál es la aceleración de un coche en el carril de aceleración de una autopista?

6. **Original:** Calcula y ordena de menor a mayor la aceleración centrípeta en cada apartado:
- Una noria que se mueve a 20 km/h con un diámetro de 22m
 - Un tiovivo que se mueve 15 km/h con n radio de 5m
 - Un vagón en una montaña rusa que describe un rizo de 10 m de diámetro a 80 km/h

Modificado: ¿Cuál es la aceleración de las agujas del reloj?

Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

7. **Original:** Una conductora que circula por una autovía rectilínea a una velocidad de 120 km/h observa con sorpresa que a 100 m de distancia se encuentra un gatito en medio de la carretera.

- a. ¿Qué aceleración debe comunicar a los frenos del coche para no atropellarlo?
- b. Interpreta el resultado

Modificado: ¿Qué aceleración imprime una conductora al detener a tiempo su coche delante de un gatito en mitad de la carretera?

8. **Original:** Un paracaidista salta de un helicóptero desde una altura de 3 km. Después de descender 50 m, abre su paracaídas y cae con velocidad constante de 5 m/s. Calcula el tiempo que tarda en llegar al suelo.

Modificado: ¿Cuánto tarda en llegar al suelo un paracaidista que salta de un helicóptero?

Movimiento circular uniforme

9. **Original:** Calcula el período y la frecuencia de las tres manecillas del reloj (horario, minuterero y segundero).

Modificado: ¿Cuál es la velocidad lineal de las agujas de un reloj?

Tema 2 – Las fuerzas

Las fuerzas y las deformaciones

10. **Original:** Colgamos unas llaves de un muelle con $k=25$ N/m y comprobamos que la longitud del muelle es de 53 cm ($l_0=0,40$ m). ¿Qué fuerza (peso) ejercen las llaves?

Modificado: ¿Cuál es la longitud de un muelle del que se cuelgan un manojó de llaves?

Cuerpos en equilibrio

11. **Original:** Luis tiene una masa de 30 kg, y Fernando, de 45 kg. Si la barra del columpio mide 3m, ¿dónde se debe colocar cada uno para conseguir que la barra se mantenga horizontal?



Modificado: ¿Donde han de colocarse Luis y Juan para equilibrar el balancín?

Las fuerzas como causa del cambio de movimiento

12. **Original:** Desde una barca de 100 kg una joven empuja con su remo a otra barca de 40 kg con una fuerza de 50 N, estando ambas inicialmente en reposo.

- Dibuja las fuerzas que actúan sobre cada barca
- Razona lo que le sucede a cada barca
- ¿Cuál es la aceleración con que se desplaza cada una?

Modificado: El ocupante de una barca empuja con su remo a otra barca que tiene a su lado, ¿cómo se desplaza cada una?

Las fuerzas y el movimiento

13. **Original:** Se sitúa un libro de física de 500 g sobre un plano inclinado 15° sobre la horizontal. Razona si se moverá o no el libro.

- Si no hay rozamiento
- Si el coeficiente de rozamiento entre las superficies es de 0.5

Modificado: *En una biblioteca, los libros usados se dejan caer por una rampa. ¿Cuál es el máximo coeficiente de rozamiento permitido para que el sistema funcione*

14. **Original:** Un vagón de 250 kg situado en la cima de una montaña rusa inicia su descenso por una rampa inclinada 60° sobre la horizontal. Si no tenemos en cuenta el rozamiento:

- a. Dibuja todas las fuerzas que actúan sobre el vagón
- b. Calcula la fuerza y la aceleración con que desciende.

Modificado: *¿Qué velocidad alcanza un vagón al descender por la rampa de una montaña rusa?*

15. **Original:** Una noria de 20 m de diámetro gira a una velocidad constante de 5 rpm. Dibuja y calcula la aceleración y la fuerza centrípeta que actúan sobre una persona de 55 kg en el punto más alto y en el punto más bajo de su trayectoria.

Modificado Alternativa 1: *¿Cuál es la aceleración de los vagones en el movimiento de una noria?*

Modificado Alternativa 2: *¿Y el de los caballitos en tiovivo?*

Tema 4 - Fluidos

La presión

16. **Original:** Calcula la presión que ejercerá un faquir de 60 kg al tumbarse sobre un solo clavo de $0,1 \text{ cm}^2$ de superficie.

- a. Compárala con la presión que ejercería sobre una cama de 1000 clavos
- b. ¿Qué conclusión puedes sacar sobre la peligrosidad de este espectáculo?

Modificado: *¿Qué presión ejerce un faquir sobre los clavos de su cama?*

17. **Original:** Un batiscafo se encuentra sumergido a 100 m de profundidad en el mar.

- ¿Cuál es la presión total que está soportando?
- Si una escotilla tiene una superficie de 0.5 m^2 , ¿cuál será la fuerza mínima que hay que ejercer para abrirla bajo el agua?

Modificado: ¿Qué fuerza hay que ejercer para abrir una escotilla en un batiscafo sumergido en el mar?

La presión en los fluidos

18. **Original:** Una prensa elevadora de coches está formada por un pistón pequeño de 100 cm^2 y otro grande de 10 m^2 . Para elevar un coche de 2 toneladas:

- ¿Qué fuerza habría que aplicar?
- ¿En qué pistón habrá que ejercer la fuerza?
- ¿Qué presión se ejerce sobre el pistón grande? ¿Y sobre el pequeño? Elabora un esquema sencillo para apoyar tu respuesta.

Modificado: ¿Qué fuerza ha de desarrollar una prensa hidráulica para elevar un coche?

El Principio de Arquímedes y la fuerza de empuje

19. **Original:** Un iceberg tiene un volumen total de 100 m^3 .

- Calcula el volumen total de la parte sumergida
- ¿Cuál es la razón por la que los icebergs son peligrosos obstáculos para las embarcaciones?

Datos: $d_{\text{hielo}}=900 \text{ kg/m}^3$; $d_{\text{aguademar}}=1030 \text{ kg/m}^3$.

Modificado: ¿Cuál es el volumen sumergido de un iceberg?

20. **Original:** Calcula el empuje que experimenta una canica de acero de 5 cm^3 ($d_{\text{acero}}=7,85 \text{ g/cm}^3$) en los siguientes líquidos.

- En el agua de una piscina ($d_{\text{agua}}=1000 \text{ kg/m}^3$)
- En el agua del mar ($d_{\text{agua mar}}=1020 \text{ kg/m}^3$)
- En un recipiente con aceite ($d_{\text{aceite}}=800 \text{ kg/m}^3$)

Modificado: ¿Qué empuje experimenta una canica de acero sumergida en un fluido?

Tema 5 – Trabajo y energía

Energía y tipos

21. **Original:** La energía cinética es la que poseen los cuerpos que están en movimiento. Una gacela de Mongolia pesa unos 70 kg y corre a unos 100 km/h, mientras que un elefante africano pesa unas 5 toneladas y se mueve a unos 5 km/h. ¿Cuál de estos dos animales tiene más energía cinética en plena carrera.

Modificado: ¿Quién tiene más energía cinética al correr, una gacela o un elefante?

22. **Original:** ¿Qué cuerpo tiene más energía potencial?

- a. Un helicóptero de dos toneladas situado a 20 m de altura.
- b. Un ala delta de 100 kg a punto de lanzarse desde 300 m de altura

Modificado: ¿Quién tiene más energía potencial: un helicóptero a punto de aterrizar, o un ala delta a punto de lanzarse desde lo alto de Peña Cabarga?

23. **Original:** ¿Cuál de los dos personajes de ficción tiene mayor energía mecánica?

- a. Superman, de 90 kg, volando a 60 m de altura a una velocidad de 72 km/h
- b. Spiderman, de 60 kg, volando a 90 m de altura a una velocidad de 20 km/h

Modificado: ¿Qué sistema tiene mayor energía mecánica: una moto de competición en plena carrera o un pasajero de un globo aerostático sobrevolando el circuito?

El trabajo

24. Original: Repite el ejercicio resuelto 1 suponiendo que la fuerza F forma un ángulo de 30° con la horizontal y que no hay rozamiento entre el cuerpo y el suelo.

Modificado: ¿Qué trabajo realiza un niño al tirar de su mochila-carrito?

25. Original: Un cuerpo de 5 kg se apoya sobre una mesa. El coeficiente de rozamiento entre la mesa y el cuerpo es de 0,4. Calcula:

- La fuerza horizontal que debemos ejercer para que el cuerpo se desplace sobre la mesa con movimiento uniforme.
- El trabajo debido a cada una de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y el trabajo total cuando el cuerpo se desplaza 1,5 m sobre la mesa.

Modificado: ¿Qué trabajo realiza la locomotora de un tren?

El trabajo y la energía mecánica

26. Original: Aplicando el principio de conservación de la energía mecánica:

- ¿Cuál es la velocidad máxima que puedes alcanzar es una montaña rusa al descender desde 50 m de altura?
- ¿Qué velocidad se alcanzará a 10 m de altura?
- Si se pierde un 25% de la energía inicial al llegar al final del recorrido, ¿cuál será la velocidad final del vagón?

Modificado: ¿Cuál es la velocidad máxima que se alcanza en una montaña rusa de 50 m de altura?

Potencia

27. Original: Calcula el trabajo que realiza el motor de una atracción de caída libre cuando sube un ascensor de 1500 kg con cuatro pasajeros de 50 kg hasta una altura de 60 m

- ¿Cuál es la potencia desarrollada por el motor si tarda 20 s en subir? Exprésala en W y en CV. (1 CV=735 W)

- b. ¿Cuánto vale el trabajo realizado para mantener el ascensor cargado a 60 m durante 10 s?

Modificado: *¿Qué potencia desarrolla el motor de un ascensor al ascender?*

28. **Original:** Calcula el trabajo realizado y la potencia desarrollada por un estudiante de 55 kg que sube por una escalera hasta una altura de 20 m en medio minuto.

Modificado: *¿Qué potencia desarrolla un estudiante al subir corriendo las escaleras del instituto?*

Las máquinas mecánicas

29. **Original:** Una grúa con un motor de 10 CV eleva una tonelada hasta una altura de 50 m del suelo en un minuto.

- Expresa la potencia del motor en vatios.
- ¿Qué trabajo realiza el motor?
- Calcula el rendimiento del motor

Modificado: *¿Cuánto tarda una grúa en remontar una viga de hormigón a lo alto de un edificio?*

Tema 6 – Transferencia de energía: calor

Efectos del calor sobre los cuerpos: temperatura y estado

30. **Original:** Una bañera contiene 50 L de agua a 70°C. ¿Cuántos litros de agua a 20°C habrá que añadir para que la temperatura final sea de 40°C?

Modificado: *Una bañera ha sido preparada para un baño con agua demasiado caliente. ¿Cuánta agua fría será necesaria para reducir adecuadamente su temperatura?*

31. **Original:** Una bañera contiene 50 L de agua a 25 °C. ¿Cuánto tiempo será preciso abrir el grifo para que salga agua caliente a 80°C y conseguir que la temperatura final del agua sea de 40°C?

Datos: caudal de agua del grifo=5L/min

Modificado: *El agua del baño anterior se nos ha quedado fría. ¿Cuál será la forma más rápida de volver a tener la bañera a punto?*

32. **Original:** Calcula la temperatura final de una mezcla de 10 L a 80°C y 50 L a 20°C, respectivamente.

Modificado: *¿Cuál es la temperatura de un café con un chorrito de licor?*

33. **Original:** Desde una altura de 10 m se deja caer una bola de plomo de 10 kg en el interior de un calorímetro que contiene 500 g de agua. Determina:

- La energía potencial de la bola
- El calor que absorbe el agua
- La variación de temperatura del agua

Datos: calor específico del plomo=125 J/(kg K); calor específico del agua=4180 J/(kg K)

Modificado Alternativa 1: *¿Qué temperatura alcanza el agua de un calorímetro tras dejar caer desde lo alto una bola de hierro?*

Modificado: *Alternativa 2: ¿Qué temperatura alcanza el agua de la piscina del hotel al tirarnos en ella desde nuestra habitación? ¿Y al lanzar un piano?*

Efectos del calor sobre los cuerpos: tamaño

34. **Original:** Una plancha de cobre de 10,000 m² de superficie está inicialmente a 20°C. ¿Cuál será su superficie a las siguientes temperaturas?

- 100°C
- 20°C

Dato: $\alpha_{\text{cobre}}=1,6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Modificado: *¿Cuánto puede llegar a dilatarse la encimera de hierro de una cocina de leña?*

35. **Original:** Una plancha de cobre de 10,000 m² de superficie está inicialmente a 20°C. ¿Cuál será su superficie a las siguientes temperaturas?

- a. 100°C
- b. -20°C

Dato: $\alpha_{\text{cobre}}=1,6 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Modificado: ¿Cuánto puede llegar a dilatarse la encimera de hierro de una cocina de leña?

Transformación entre calor y trabajo

36. **Original:** Una máquina térmica consume 30000 J en cada ciclo y produce un trabajo de 15000 J

- a. ¿Cuál es el rendimiento en % de la máquina?
- b. ¿Podría obtenerse un valor superior al 100%?

Modificado: ¿Cuál es el rendimiento típico de un motor de coche?

En esta parte del trabajo se comprobado cómo es posible, para un docente, transformar la mayoría de los ejercicios y problemas de un libro de texto en tareas abiertas.

Evidentemente, no se pretende con ello, al menos de manera inicial, sustituir todos los ejercicios, abandonando una metodología por otra totalmente; los ejercicios de corte operativo cumplen su función en el aprendizaje de procedimientos, por ejemplo.

Resolución de tareas abiertas

Se va a exponer la resolución detallada de tareas abiertas para 4º de ESO. El proceso está compuesto por las etapas consideradas en la presentación de la metodología, esto es: el que tiene que ver con el análisis previo, la emisión de hipótesis, la construcción de estrategias de resolución, la resolución propiamente dicha y el análisis de dicha solución.

Se está exponiendo la resolución de un futuro docente. Las actividades están pensadas para ser resueltas por grupos de alumnos guiados por el profesor. Por ello, se intercalan en estas resoluciones posibles preguntas u orientaciones que se les puede dar a los alumnos.

Para empezar, se va a resolver el enunciado transformado que se apuntó del ejercicio 7 del libro de texto:

¿Con qué velocidad se impulsa un saltador de pértiga?

Análisis cualitativo: de una situación problemática ambigua a un problema acotado

El sistema está compuesto por el atleta y la pértiga. Antes de saltar, el atleta hace una larga carrera portando la pértiga. Al llegar al punto de salto, se detiene, clava la pértiga y salta por el impulso que le da la pértiga. Alcanza una altura máxima y cae a la colchoneta.

La carrera inicial le da al atleta una velocidad. Esa velocidad está asociada a una energía cinética. Sin embargo, al llegar al punto de salto, se detiene. Entonces, ¿qué ha pasado con esa energía? No puede desaparecer. Así que ha de convertirse en otra cosa: es la energía que se invierte en doblar la pértiga. Con lo cual se ha convertido en energía elástica. Por otro lado, esa energía elástica es la que se convierte en energía cinética para el salto hacia arriba. Durante el tiempo que va desde que el atleta suelta la pértiga hasta que

llega a la cima, va perdiendo velocidad, o sea su energía cinética; al llegar a la cima, toda esa energía cinética se ha convertido en energía potencial.

Con lo cual, parece que trabajar con energías nos permitirá analizar la situación y obtener el valor de magnitudes relevantes

Se sabe que, en general la energía cinética de un cuerpo viene dada por

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Y que, en general, la energía potencial viene dada por $E_p = mgh$

En el caso del atleta, se pueden calcular ambas si se conocen su peso y su velocidad, en el primer caso. Y si se conoce además la altura a la que se encuentra, para el segundo caso. Es fácil obtener valores de la masa y la altura. Buscando en Internet, por ejemplo, se tiene que la campeona olímpica Yelena Isinbáyeva pesa 65 kg y que su récord de salto es 5.06 m. Con lo cual ya se tiene que

- $h \sim 5\text{m}$
- $m \sim 65\text{ kg}$

A partir de toda esta reflexión, se redefine la situación: el atleta consiste en un cuerpo de masa m que primero tiene una velocidad v_1 , que luego pierde y es capaz de alcanzar una altura h .

El papel de las hipótesis en la resolución de problemas

- llega al punto de salto con una velocidad v_1 constante. Esto significa una energía cinética $E_{c1} = \frac{1}{2}mv_1^2$
- Intercambia esa energía cinética por energía elástica, que dobla la pértiga
- La energía elástica se convierte en energía cinética otra vez: $E_{c2} = \frac{1}{2}mv_2^2$, con la velocidad de salto que buscamos, v_2 .

- La energía cinética se convierte poco a poco en energía potencial $E_p = mgh$, hasta llegar al punto más alto
- En la caída, se vuelve a convertir la energía potencial en energía cinética, que es en el suelo amortiguada y absorbida por la colchoneta.

Se va a suponer que las pérdidas de energía por rozamiento son mínimas, por lo que toda la energía se conserva al transformarse en las tres formas descritas.

En busca de estrategias como tentativas de resolución

Se va a utilizar el principio de conservación de la energía para hallar la velocidad de salto v_2 . En principio, se puede utilizar la energía potencial y la energía de salto

$$E_{c2} = E_p \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 = mgh$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9.8\text{m} \cdot \text{s}^{-2} \cdot 5\text{m}} = 9.9\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Sobre la consistencia del proceso de resolución: el análisis de resultados

Se va a evaluar la coherencia de este resultado. Se va a contrastar con la hipótesis que se ha hecho al principio, cuando se dijo que el atleta comienza con la energía cinética E_{c1} que lleva en su carrera hasta el punto de salto. De acuerdo a la hipótesis, esta energía es la que dado lugar a la energía elástica de la pértiga y luego a la energía cinética de salto E_{c2} y la energía potencial E_p . Con lo cual la energía cinética de la carrera y la velocidad asociada han de ser igual a la de ascenso.

$$E_{c2} = \frac{1}{2}mv_2^2 = E_{c1} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$v_1 = v_2$$

Eso querría decir que el atleta se mueve hacia el punto de salto con una velocidad de 9.9 m/s. ¿Es eso plausible? Buscando en Internet, se tiene que la velocidad máxima alcanzada por el campeón Ussain Bolt es de 10.44 m/s, algo mayor. Con lo cual, el orden de magnitud es adecuado. Aunque no es de esperar que el atleta de pértiga lleve casi tanta velocidad como el velocista de 100 metros lisos, pues ello implicaría, por ejemplo, una marca de 10,10 s en una hipotética prueba de ese tipo, que de hecho estaría por debajo de los 10.49 s correspondientes al actual récord mundial femenino de Florence Griffith-Joyner, ¡a pesar de llevar una pértiga en las manos!

Así pues, ¿es posible que se haya cometido algún error? Repasando las hipótesis, no se observa nada que pueda estar mal. Incluso, si admitiéramos efectos de rozamiento, la velocidad de impulso debería ser mayor aún.

Se puede pensar que la energía potencial considerada es exagerada, porque al calcular la altura ganada se ha tenido en cuenta la cota saltada, pero se ha supuesto que la altura inicial es el suelo, 0 m. Y esto puede ser discutible. En cursos más avanzados se podría razonar que el análisis realizado para este problema corresponde al centro de masas del atleta, que no pasa por la cota de 0 m, ni siquiera por encima de la pértiga (para eso se doblan tanto los atletas) pero, en fin, esta discusión queda ya fuera de los objetivos de un 4º curso de secundaria

En una película, el protagonista ha de desactivar una bomba en las profundidades del mar. Ha de sumergirse hasta allí desde la superficie, para lo cual está provisto de un equipo de buzo con propulsor. ¿Cómo debe funcionar dicho propulsor si se quiere desactivar la bomba a tiempo?

De una situación problemática ambigua a un problema acotado: análisis cualitativo

El sistema físico se compone de un cuerpo sumergido en un fluido, desplazándose en su interior, por lo que seguramente tendremos que utilizar nuestros conocimientos de hidrostática.

Consideramos al buzo como un cuerpo de masa m_{heroe} cuya flotabilidad depende de su densidad d_{heroe} , propiedades que en principio asimilamos a las del propio buzo, sin contar con la masa, volumen o densidad del propulsor.

Posible orientación: ¿Qué función cumple el propulsor?

El propulsor hace que el héroe buzo pueda viajar más rápido hacia el fondo, donde se encuentra la bomba, que si fuera buceando. Eso quiere decir que realiza una fuerza. Entonces, se tiene que sobre el buzo actúan su propio peso, hacia abajo; el empuje, hacia arriba, que será algo mayor que el peso, pues el cuerpo humano flota en el mar; y la fuerza del propulsor. La suma de las tres (teniendo en cuenta su signo) producen una fuerza resultante F

$$F = F_{propulsor} + P - F_e$$

Donde las distintas fuerzas son:

$$F_e = \text{peso de volumen de fluido desalojado} = m_{heroe} g \frac{d_{fluido}}{d_{heroe}}$$

$$P = mg$$

Posible orientación: ¿Cómo tiene que ser la fuerza resultante?

Aquí se pueden plantear varias opciones. Está claro que el buzo ha de moverse hacia abajo. Parte del reposo en la superficie, así que al principio, la fuerza resultante tiene que ser no nula (MRUA), para conferir velocidad al cuerpo. Una vez alcanzada cierta velocidad, la fuerza resultante podría ser cero (mru), lo que se conseguiría compensando el propulsor la diferencia entre el peso y el empuje, y siendo la velocidad constante en este tramo. Por simplicidad, vamos a considerar otra alternativa, que es mantener constante la fuerza propulsora durante todo el recorrido, que haga no nula la fuerza resultante, por lo que tendremos un MRUA durante todo el tiempo, partiendo de una velocidad inicial v_0 nula.

$$s - s_0 = \frac{1}{2}at^2$$

Posible orientación: ¿Qué significa llegar a tiempo?

Nos hemos dado cuenta de que también tenemos que aplicar los conocimientos de cinemática. Tenemos un MRUA. En un MRUA se define el espacio recorrido en función del tiempo, velocidad y aceleración. En este caso el espacio recorrido es la profundidad del fondo, que podemos llamar h . La velocidad inicial es cero, por lo que llegar a tiempo significa que nuestra aceleración (puesto que v_0 es nula) sea suficiente para recorrer h en un tiempo menor que t_{bomba} .

Posible orientación:

El papel de las hipótesis en la resolución de problemas

Tenemos varias magnitudes relacionadas.

En primer lugar, pensamos que cuanto más denso sea el héroe buzo, menor será el efecto de empuje, por lo que será más fácil llegar a tiempo (menor habrá de ser la fuerza propulsora)

Por otro lado, cuanto menor sea t_{bomba} , mayor tendrá que ser la fuerza del propulsor, para que la fuerza resultante conlleve una aceleración mayor.

También, cuanto mayor sea la profundidad h , mayor es el espacio que hay que recorrer, por lo que mayor será la fuerza que tiene que realizar el propulsor

En busca de estrategias como tentativas de resolución

1º Vamos a tratar de buscar la situación límite. Es decir, plantear un MRUA que recorra h en un tiempo t_{bomba}

2º Introducir dicha solución límite en la segunda ley de Newton para hallar la $F_{propulsor}$ necesaria para cumplir dicho MRUA

Resolución

El primer paso consiste en hallar la aceleración de un MRUA que, con $v_0=0$, recorre h en un tiempo t_{bomba} .

$$s - s_0 = h = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow a = \frac{2h}{t_{bomba}^2}$$

El segundo paso consiste en sustituir dicha aceleración en la 2ª Ley de Newton para hallar la fuerza propulsora adecuada:

$$m \frac{2h}{t_{bomba}^2} = F_{propulsor} + m_{heroe}g - m_{heroe}g \frac{d_{fluido}}{d_{heroe}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{propulsor} = m_{heroe} \frac{2h}{t_{bomba}^2} - m_{heroe}g + m_{heroe}g \frac{d_{fluido}}{d_{heroe}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{propulsor} = m_{heroe}g \left(\frac{2h}{gt_{bomba}^2} + \frac{d_{fluido}}{d_{heroe}} - 1 \right)$$

Sobre la consistencia del proceso de resolución: el análisis de resultados

Hemos obtenido una expresión de la fuerza propulsora que depende de h , de t_{bomba} , y de las densidades del fluido en cuestión (mar) y del cuerpo. Pero además depende de la masa del buzo, cosa que no habíamos considerado pero que, repasando hacia arriba, consideramos lógica. El hecho de haber explicitado el análisis y la resolución nos ha permitido volver la vista atrás y contrastarlo todo.

La fuerza depende de las diferentes magnitudes tal y como habíamos pensado: a mayor profundidad, o a menor tiempo disponible, la fuerza propulsora necesaria es mayor.

Por otro lado, a la vista de la última expresión, se puede pensar que cabría la posibilidad de que esa fuerza necesaria fuera nula o incluso negativa, en función de los valores de densidad del buzo y del tiempo límite y la profundidad.

Una fuerza nula querría decir que el cuerpo es más denso que el agua de mar, y que la fuerza peso es mayor que el empuje, bastando para conseguir el MRUA adecuado. Esta circunstancia no es probable, pero podría serlo si considerásemos, además de la densidad del buzo, la de el cargamento y equipo.

Además, conseguir una aceleración suficiente sería difícil si se considera algo que se ha obviado a este nivel: la resistencia que ejerce el agua como fluido al desplazamiento a su través de un cuerpo. Esto se ha obviado a este nivel, pero esta fuerza habría de añadirse al análisis dinámico, y su efecto sería el de rebajar la aceleración que puede experimentar un determinado cuerpo tanto hacia arriba como hacia abajo (es decir, por efecto de gravedad o propulsión, o de empuje).

De la resolución de un problema al planteamiento de otros: nuevas perspectivas

Tras haber hallado la fuerza propulsora necesaria para desactivar la bomba a tiempo, podríamos darnos cuenta de que es posible también calcular el trabajo realizado por el propulsor al llevar al buzo hasta la profundidad y, además, la potencia, puesto que se conoce el tiempo, t_{bomba} .

Conclusiones

En este trabajo se ha realizado una breve introducción a la metodología de resolución de problemas por investigación orientada, llevándose a cabo varias actividades.

Por un lado, se ha analizado la metodología en resolución de problemas de un libro de texto de 4º ESO de Física y Química, concluyendo que no se identifica con la resolución por investigación.

Por último, se ha practicado la elaboración de materiales adaptados a la metodología estudiada. Por un lado, se ha visto que es posible partir de problemas convencionales para obtener enunciados de tarea abierta. Además, se ha detallado la resolución de varias tareas abiertas.

Mediante este trabajo, se han notado las diferencias con didácticas más tradicionales, a la par que se ha constatado la mayor preparación docente que supone.

El siguiente paso sería comprobar en el aula la eficacia del método, como así han hecho los autores que la proponen. La práctica en la preparación de estos materiales hace intuir su potencial en las tareas de aprendizaje, en cuanto a la asimilación de conceptos, el fomento de actitudes científicas entre los estudiantes, etc.

Evidentemente, el presente trabajo no extrae entre sus conclusiones la necesidad de implantar esta metodología en parte o en su totalidad, eliminando otras tareas de corte más operativo, pero sí llamar la atención sobre su capacidad para ayudar a erradicar los malos hábitos de los aprendices.

En este trabajo se ha tratado de hacer una introducción objetiva a una metodología que no está implantada en forma real en el sistema educativo, pero que podría ser un arma complementaria a las actividades tradicionales.

Bibliografía

Benegas, J., & Villegas, M. (2011). Influencia del texto y del contexto en la Resolución de Problemas de Física. *Latin American Journal of Physics Education* , 5 (1), 217-224.

Calatayud, M., Gil Pérez, D., & Gimeno Adelantado, J. V. (1992). Cuestionando el pensamiento docente del profesorado universitario: ¿las deficiencias de la enseñanza de las ciencias como origen de las dificultades de los estudiantes? *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* (14), 71-81.

Chalmers, A. F. (1982). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI.

Física y Química 4º ESO. (2011). Madrid: Santillana.

Gil Pérez, D., Dumas Carré, A., Caillot, M., Martínez-Torregrosa, J., & Ramírez-Castro, L. (1988). La resolución de problemas de lápiz y papel como actividad de investigación. *Investigación en la Escuela* (6), 3-20.

Guisasola Aranzábal, J., Ceberio Gárate, M., Almodí García, J. M., & Zubimendi Herránz, J. L. (2011). La resolución de problemas basada en el desarrollo de investigaciones guiadas en cursos introductorios de física universitaria. *Enseñanza de las Ciencias* , 29 (3), 439-452.

Guisasola, J., Ceberio, M., Almodí, J. M., & Zubimendi, J. L. (2007). *La enseñanza de resolución de problemas de física en la universidad: de explicar problemas resueltos a su resolución* (1ª ed.). Barcelona: Ediciones Octaedro, S.L.

Idoyaga, I., & Lorenzo, G. (2014). Las representaciones gráficas en la enseñanza y en el aprendizaje de la física en la Universidad. *Revista de enseñanza de la física* , 26 (Extra), 365-371.

Laitón Poveda, I. (2011). ¿Es posible desarrollar el pensamiento crítico a través de la resolución de problemas en física mecánica? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* , 8 (1), 54-70.

Larkin, J., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems. *Science* , 208, 1335-1342.

López Campos, C. E. (2010). Cadenas conceptuales y la solución de problemas en física. *Latin American Journal of Physics Education* , 4 (Suppl 1), 865-874.

Malone, K. L. (2006). A comparative study of the cognitive and the metacognitive differences between modeling and non-modeling high school physics students. *Doctoral dissertation* . Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA.

Mettes, C., Pilot, A., Rossink, H., & Kramers-Pals, H. (1980). Teaching and learning problem solving in science. Part I: a general strategy. *Journal of chemical education* , 57, 882-885.

Novak, J. (1988). Constructivismo humano: un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias* , 6 (3).

Polya, G. (1980). On solving mathematical problems in high school. En S. K. Reys (Ed.), *Problem solving in school mathematics*. Reston, Virginia: Trillas.

Ramírez Castro, J. L., Gil Pérez, D., & Martínez-Torregrosa, J. (1994). *La resolución de problemas de física y de química como investigación*. (M. d. Ciencia, Ed.) Madrid: Secretaría General Técnica.