

**Máster Universitario de Profesorado de Educación Secundaria**  
*Unibertsitate Masterra Bigarren Hezkuntzako Irakasletzan*

**Trabajo Fin de Máster**  
*Master Bukaerako Lana*

**Cambios en la comprensión del  
concepto energía del alumnado de  
2º ESO mediante aprendizaje  
basado en modelización**

**Estudiante: Álvaro Pérez del Notario**

Tutora: Irantzu Uriz Doray

**Especialidad/ Espezialitatea: Física y Química**

**Junio, 2022**

## **Resumen**

La energía es un término sumamente abstracto, ya que se trata de un principio matemático y, sin embargo es ampliamente utilizado no solo en una dimensión científica, si no también coloquial. Por ello, el lenguaje juega un papel crucial, lo que hace necesario buscar un equilibrio entre ambas visiones y guiar al alumnado hacia concepciones científicas sobre este concepto. Se propone una secuencia didáctica basada en modelización que tiene como objeto la mejora de la comprensión del concepto de energía y el principio de conservación e introducción al alumnado de la importancia del uso de modelos en ciencias. Los cambios en la comprensión de este término por el alumnado son evaluados mediante un mismo test, realizado antes y después del desarrollo de la unidad didáctica. Se ha visto que tras la unidad didáctica el alumnado utiliza un léxico más científico, explica fenómenos cotidianos con concepción de la energía de mayor nivel y la permanencia de ideas alternativas disminuye.

Palabras clave: energía; modelización; conservación; educación secundaria; física.

## **Abstract**

Energy is an abstract concept based on a mathematical principle and however it is used in its scientific dimension, is also widely used in colloquial language. Thus, finding the right balance between both views and guiding students towards a scientific conception of this term is vital. It is proposed a didactic sequence based on modelling, whose goal is the understanding improvement and the principle of conservation of energy and introducing students into the use of models. The evolution of the students' understanding about energy is evaluated with a test, carried out before and after the didactic unit. It has been observed that after the didactic unit, students use more scientific vocabulary, explain everyday phenomena using higher level energy conceptions and the permanency of alternative conceptions is reduced.

*Keywords:* energy; modelling; conservation; secondary education; physics

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>1. MARCO TEÓRICO: FUNDAMENTACIÓN</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Energía</b>	<b>4</b>
1.1.1. Análisis del currículo	4
1.1.2. Dificultades de aprendizaje	6
<b>1.2. Modelización</b>	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>16</b>
<b>3.1. Muestra</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Descripción de la propuesta</b>	<b>16</b>
3.2.1. Modelo	19
3.2.2. Tabla de discusión en tres pasos (fenómeno/fuerzas/energía)	20
<b>3.3. Instrumentos de investigación</b>	<b>21</b>
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>23</b>
<b>4.1. Elementos de evaluación</b>	<b>24</b>
<b>4.2. Instrumento de investigación</b>	<b>26</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>35</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>37</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO I. Pretest y postest utilizado como instrumento de investigación</b>	<b>40</b>
<b>ANEXO II. Ficha para la simulación</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO III. Test de repaso realizado en Plataforma Educamos</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO IV. Examen</b>	<b>46</b>

## INTRODUCCIÓN

Una perspectiva estrictamente termodinámica de la energía ha jugado un papel clave en la historia del desarrollo de la humanidad. Durante la prehistoria los esfuerzos se centraron en controlar los *flujos de energía*, sin embargo, la potencia máxima disponible estaba limitada por el metabolismo humano y el uso ineficiente del fuego. La domesticación de animales salvajes y el uso del fuego para producir metales supusieron la primera transición energética. La segunda llegó miles de años más tarde con los molinos de agua y viento y otros ingeniosos motores primarios que utilizaban fuentes de energía renovables aumentando así su potencia máxima disponible y su eficiencia. Hubo que esperar hasta 1882 para la construcción de las primeras estaciones de generación eléctrica, lo que dio pie a la tercera transición energética.

Debido a la mejora de las eficiencias a lo largo de la historia en el año 2000 existían al menos 25 veces más energía comercial útil disponible que en 1900. Una vivienda estadounidense en 1900 podría disponer una potencia de 500 vatios que permitían encender sólo algunas bombillas. En la actualidad una mansión de 400 m<sup>2</sup>, con sus servicios auxiliares y tres coches de alta cilindrada puede disponer de una potencia disponible de medio megavatio. Para disponer de esta potencia un propietario de un latifundio romano necesitaba a en torno a 6000 esclavos y esclavas o un empresario del siglo XIX 3000 empleados y empleadas y 400 caballos (Smil, 2004).

Para alcanzar una sociedad con una mortalidad infantil por debajo de 20/1000, una esperanza de vida femenina por encima de los 75 años y un Índice de Desarrollo Humano (IDH) por encima de 0,8 requiere al menos una energía de 1400-1500 kilogramos equivalentes de petróleo *per cápita*. La sociedad navarra, como muchas otras en la actualidad, alcanza ya índices de mortalidad por debajo de 10/1000, esperanza de vida por encima de los 80 y un IDH por encima de 0,9, para lo cual son necesarios al menos 2600 kilogramos equivalentes de petróleo per cápita (Smil, 2004).

A pesar de ello, la posesión de grandes recursos energéticos no es garantía de éxito económico. Además, esta perspectiva primitiva de la energía excluye la multitud de valores morales, intelectuales y estéticos cuya inculcación, búsqueda y defensa no tienen vínculos con ningún nivel particular del uso de la energía (Smil, 2004).

Además, las civilizaciones modernas con unas necesidades tan elevadas de energía son una fuente de contaminación medioambiental y degradación de ecosistemas, han posibilitado la creación de armas de destrucción masiva y son propensas a padecer determinados problemas sociales acentuados por la vida en grandes núcleos urbanos (Smil, 2004).

En este contexto de dependencia energética la educación juega un papel muy importante, no solo desde una perspectiva científica o técnica, que por supuesto es básica para entender el mundo actual, si no también ética, respetuosa con el medioambiente y sostenible.

Además, con vistas a futuro, uno de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 hace referencia directa a la energía con uno de ellos: (7) la energía asequible y no contaminante. Sin embargo, en la mayoría de los objetivos está implícita la energía de forma más o menos directa. Muestra de ello son los siguientes objetivos: (1) fin de la pobreza, (2) hambre cero, (3) salud y bienestar, (6) agua limpia y saneamiento, (9) industria, innovación e infraestructura, (11) ciudades y comunidades sostenibles, (12) producción y consumo responsable, (13) acción por el clima, (14) vida submarina y (15) vida de ecosistemas terrestres.

El concepto de energía no solo se encuentra en currículo de la asignatura física y química en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) dedicándole un bloque completo en varios cursos, si no también en otras asignaturas. En biología y geología, desde la perspectiva de la energía necesaria para la vida, la necesaria para que se produzcan diferentes accidentes geográficos y vital para el ciclo del agua, entre otros. En historia y geografía se encuentra como una característica más de los sistemas económicos, en educación física se ven los sistemas metabólicos para la obtención de energía con los diferentes tipos de actividad física y, por supuesto, no podía faltar trabajada en mayor profundidad en cultura científica y tecnología.

A pesar de todo ello es un concepto en el que se encuentran muchas dificultades para su comprensión, sobre el que el alumnado presenta una cantidad importante de ideas alternativas, incluso parte de profesorado reconoce dificultades en la enseñanza respecto al concepto de energía y que presenta confusiones entre las expresiones coloquiales y científicas en este campo (Martínez y Rivadulla, 2015; Millar, 2015; Doménec-Casal, 2018).

Por todo ello, nos encontramos con un concepto transversal y estructurante, clave para entender el mundo que nos rodea. Alcanzar una mayor comprensión del discurso cotidiano de la energía conlleva cuestiones y decisiones de gran importancia en los contextos educativos, personales y sociales (Milar, 2015).

## 1. MARCO TEÓRICO: FUNDAMENTACIÓN

### 1.1. Energía

Millar (2015) analiza cómo la mayor dificultad en la enseñanza de la energía radica en las diferencias entre el uso cotidiano de este término (que precede en varios siglos al uso científico) y el científico. Éste último se resume en un fragmento ampliamente difundido de la obra “Lectures in Physics” de Richard Feynman:

Existe un hecho, o si se quiere, una ley, que rige todos los fenómenos naturales conocidos hasta la fecha. Es una ley que carece de excepción; hasta el momento, por lo que sabemos, es exacta. Esta ley, denominada conservación de la energía, dice que existe cierta cantidad, que llamamos energía, que no varía en los múltiples cambios experimentados por la naturaleza. Es una idea sumamente abstracta porque se trata de un principio matemático. Dice que existe una cantidad numérica que no cambia cuando algo ocurre. No es una descripción de un mecanismo ni de nada concreto, sino el hecho extraño de que calculamos un número y, cuando acabamos de observar cómo la naturaleza hace sus trucos y volvemos a calcular el número, resulta que es el mismo (Feynman et. al., 1964, pp 123-123).

Según esta definición la energía es algo contable, un número que tiene que coincidir al final de un acontecimiento con su valor inicial. Lo más destacable es que no describe un mecanismo, es decir, no explica el cómo o el por qué sucede dicho acontecimiento. Una parte muy importante de las decisiones tomadas en este ámbito pueden entenderse desde una perspectiva cotidiana, por lo que es necesario el equilibrio entre la visión cotidiana y científica del término para reorientar al alumnado hacia un concepto más científico de energía (Millar, 2015).

Entre las ideas clave en el aprendizaje y enseñanza del concepto de energía se encuentran el reconocimiento de las fuentes y formas de energía, la diferenciación de calor y temperatura, la identificación de las pérdidas y ganancias de energía en un proceso. Para ello es clave escoger ejemplos que tengan un comienzo y un final claramente especificados (Millar, 2015).

La National Research Council Canada (2011) establece siete conceptos estructurantes en la educación en ciencias en la educación secundaria y uno de ellos es la energía en su bloque “Energía y materia: flujo, ciclos y conservación”. Según las equivalencias a 2º de la ESO del sistema canadiense, el alumnado debería saber que en un sistema la transferencia de energía lleva al movimiento, que puede tomar diferentes formas y que la transferencia de la misma puede ser monitorizada como flujos de energía en un sistema.

#### 1.1.1. Análisis del currículo

Revisando el currículo en la ESO y Bachiller en relación al tratamiento de la energía en todos los cursos desde 2º de ESO hasta 1º de Bachiller, ambos inclusive, se incluye un bloque denominado

“Energía”, el cual en 2º de Bachiller desaparece. En este curso, a pesar de que no se trabaja de forma específica en un bloque concreto, sí que se hace dentro de cada uno de los bloques (ondas, gravitacional, electromagnetismo...) (Navarra, Gobierno de Navarra, 2015a; Navarra, Gobierno de Navarra, 2015b).

En 2º de ESO es el primer curso en el que se trata este tema, ya que es el primer curso de la secundaria en la que se imparte física y química. Entre los contenidos, tal y como muestra la Tabla 1 se encuentran la definición de energía, sus formas y fuentes, y sus propiedades, entre ellas, el principio de conservación de la energía. También aparecen el calor y la temperatura y finalmente un uso racional de la energía y aspectos industriales de la misma (Navarra, Gobierno de Navarra, 2015a).

**Tabla 1**

*Bloque 5 (Energía) de 2º de ESO del currículo navarro (Navarra, Gobierno de Navarra, 2015a)*

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Energía. Unidades.	1. Reconocer que la energía es la capacidad de producir transformaciones o cambios.	1.1. Argumenta que la energía se puede transferir, almacenar o disipar, pero no crear ni destruir, utilizando ejemplos
Tipos Transformaciones de la energía y su conservación	2. Identificar los diferentes tipos de energía puestos de manifiesto en fenómenos cotidianos y en experiencias sencillas realizadas en el laboratorio.	2.1. Relaciona el concepto de energía con la capacidad de producir cambios e identifica los diferentes tipos de energía que se ponen de manifiesto en situaciones cotidianas explicando las transformaciones de unas formas a otras.
Energía térmica. El calor y la temperatura	3. Relacionar los conceptos de energía térmica, calor y temperatura en términos de la teoría cinético-molecular y describir los mecanismos por los que se transfiere la energía térmica en diferentes situaciones cotidianas.	3.1. Explica el concepto de temperatura en términos del modelo cinético molecular. 3.2. Conoce la existencia de una escala absoluta de temperatura y relaciona las escalas de Celsius y Kelvin. 3.3. Identifica los mecanismos de transferencia de energía reconociéndolos en diferentes situaciones cotidianas y fenómenos atmosféricos, justificando la selección de materiales para edificios y en el diseño de sistemas de calentamiento.
	4. Interpretar los efectos de la energía térmica sobre los cuerpos en situaciones cotidianas y en experiencias de laboratorio.	4.1. Explica el fenómeno de la dilatación a partir de alguna de sus aplicaciones como los termómetros de líquido, juntas de dilatación en estructuras, etc. 4.2. Explica la escala Celsius estableciendo los puntos fijos de un termómetro basado en la dilatación de un líquido volátil. 4.3. Interpreta cualitativamente fenómenos cotidianos y experiencias donde se ponga de manifiesto el equilibrio térmico asociándolo con la igualación de temperaturas.
Fuentes de energía	5. Valorar el papel de la energía en nuestras vidas, identificar las diferentes fuentes, comparar el impacto medioambiental de las mismas y reconocer la importancia del ahorro energético para un desarrollo sostenible.	5.1. Reconoce, describe y compara las fuentes renovables y no renovables de energía, analizando con sentido crítico su impacto medioambiental.
	6. Conocer y comparar las diferentes fuentes de energía empleadas en la vida	6.1. Compara las principales fuentes de energía de consumo humano, a partir de la distribución geográfica de sus recursos y los efectos medioambientales.

Cambios en la comprensión del concepto energía del alumnado de 2º ESO mediante aprendizaje basado en modelización

	diaria en un contexto global que implique aspectos económicos y medioambientales.	6.2. Analiza la predominancia de las fuentes de energía convencionales) frente a las alternativas, argumentando los motivos por los que estas últimas aún no están suficientemente explotadas.
Uso racional de la energía	7. Valorar la importancia de realizar un consumo responsable de las fuentes energéticas.	7.1. Interpreta datos comparativos sobre la evolución del consumo de energía mundial proponiendo medidas que pueden contribuir al ahorro individual y colectivo.
Aspectos industriales de la energía	8. Conocer la forma en la que se genera la electricidad en los distintos tipos de centrales eléctricas, así como su transporte a los lugares de consumo.	8.1. Describe el proceso por el que las distintas fuentes de energía se transforman en energía eléctrica en las centrales eléctricas, así como los métodos de transporte y almacenamiento de la misma.

En 3º de ESO únicamente se aplica el concepto energía a circuitos eléctricos. En 4º, sin embargo, se trabaja primero algunos tipos de energía concretos, como son la cinética, la potencial y la mecánica aplicando el principio de conservación de la energía. A continuación se introducen los conceptos calor y trabajo como forma de transferencia de energía y se trabajan algunas de las propiedades de la materia, como es la degradación, relacionándola con el concepto rendimiento. Respecto al calor, el currículo también incluye el cálculo del mismo cuando entran en contacto dos cuerpos a diferentes temperaturas. En resumen, y aunque no se menciona en el currículo, se trabaja el primer principio de la termodinámica.

En el primero de los cursos de Bachiller dos bloques tratan ampliamente el tema de la energía, uno centrado en termodinámica y otro trabaja los diferentes tipos de energía desde el punto de vista de la física clásica (cinética, mecánica...). En la parte de termodinámica se trabaja también el segundo principio de la termodinámica. Para ello se añaden conceptos como entalpía, energía interna, energía libre de Gibbs o entropía, para lo cual se introducen diagramas entálpicos. En la parte más ligada a la física clásica se introducen por primera vez en el currículo sistemas conservativos y no conservativos. Este curso es sin duda el curso donde se trabaja este tema con mayor profundidad.

### **1.1.2. Dificultades de aprendizaje**

López (2009, p. 2) define las ideas alternativas en ciencias como “ideas de los estudiantes sobre fenómenos científicos específicos que les permiten comprenderlos y darles sentido. Ideas que son alternas a los núcleos conceptuales de las diferentes disciplinas de las ciencias naturales”. Además, éstas presentan unas características comunes: predomina en ellas el carácter preceptivo debido a construcciones personales por la interacción cotidiana con el entorno, son resistentes al cambio y universales, ya que en muchos casos no dependen de la edad, la formación o el origen de procedencia del individuo.

Doménech-Casal (2018) recoge diferentes ideas alternativas, algunas de ellas mostradas en la Tabla 2. Desde el concepto de la energía se puede asociar con algo material, en muchos casos, como un fluido invisible que pasa de unos cuerpos a otros. En general existe gran confusión entre fuentes de energía y formas de energía y dentro de las mismas no se consideran todas por igual. Además, es



habitual identificar la energía como una fuerza.

**Tabla 2**

*Concepciones o ideas alternativas relacionadas con la energía detectadas en educación secundaria (Doménech-Casal, 2018).*

Ámbito	Concepción alternativa
De ámbito ontológico (qué es la energía)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asignar un carácter material a la energía o incluso asimilarse a algún tipo de fluido.</li> <li>● Identificar la energía con la fuerza, la actividad o los procesos o la actividad humana en general.</li> <li>● Confundir las formas de energía con sus fuentes.</li> <li>● Considerar ontológicamente distintas la energía mecánica y las energías química o biológica.</li> <li>● Identificar la energía como combustible.</li> </ul>
Relación con magnitudes: el calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Asociar o confundir la energía con el calor o la llama.</li> <li>● Considerar el calor como la energía que tienen los cuerpos.</li> <li>● No entender el calor como proceso de transferencia de energía.</li> <li>● Asignar un carácter sustancial al calor (teoría del calórico, teoría del flogisto).</li> <li>● Confundir calor y temperatura o energía y temperatura.</li> </ul>
Relación con magnitudes: trabajo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Confundir trabajo y esfuerzo. Identificar trabajo y energía, obviando el calor.</li> </ul>
Relación con magnitudes: energía mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Considerar que la energía potencial está «en el cuerpo» o «en la altura» y no en su posición relativa en un campo o la interacción entre cuerpos.</li> </ul>
Respecto a la conservación, transformación, transmisión o degradación	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Considerar que la energía puede gastarse o almacenarse o desaparecer. Analizar la energía desde la perspectiva de la actividad física: descansar para ganar energía, hacer ejercicio-perder energía.</li> <li>● Dificultades en movilizar conceptos de transformación, conservación, transferencia y degradación de la energía (y, en particular, este último).</li> <li>● Dificultades para asociar el rendimiento a distintos sistemas de transformación.</li> </ul>

Expresiones coloquiales como “hace calor” haciendo referencia a que la temperatura es elevada hace que se produzcan confusiones entre calor y temperatura asociando el mismo como la energía de un cuerpo y no como el proceso de transferencia de energía. Respecto al trabajo, debido a la concepción coloquial de este término es importante diferenciarlo del significado científico.

En relación a las propiedades de la energía, el lenguaje coloquial tampoco ayuda, ya que expresiones como “fabricación de la energía”, “consumo de energía” llevan a pensar que la energía puede crearse o desaparecer. Partiendo de aquí no puede reconocerse la degradación ni conservación de la energía, lo que imposibilita relacionarlo con el concepto de rendimiento.

Bañas et. Al. (2004) indica como las causas de las ideas alternativas del alumnado en relación con la energía son múltiples pero una de ellas puede estar relacionado con los libros de texto utilizados, ya que algunos de ellos:

Cambios en la comprensión del concepto energía del alumnado de 2º ESO mediante aprendizaje basado en modelización

- Identifican la energía como la capacidad para realizar trabajo
- El calor es una forma de energía y no una forma de transferirla
- En varios textos se confunde calor con energía térmica y ésta con energía interna.
- En varios texto se confunde calor y temperatura

Además, el uso del léxico relativo a energía entraña su dificultad. Solbes y Tarín (2004) sostienen que el profesorado encuentra dificultades con el concepto abstracto de energía y usa un léxico inadecuado, por lo que ven la necesidad que el alumnado deba ser capaz no solo de utilizar el léxico en el lenguaje cotidiano y científico, sino también de pensar y razonar en ambos.

A pesar de que existen diferentes enfoques de la definición de energía, la energía como capacidad para realizar un trabajo es ampliamente utilizada en libros de texto, tal y como indicaba Bañas et. Al. (2004). Esta aproximación no se recomienda, ya que puede conllevar confusiones entre energía y fuerza y, además, puede llevar al alumnado a utilizar únicamente planteamientos dinámico-cinemáticos al resolver problemas de movimientos (Solbes y Martín, 1991; Hierrezuelo y Molino, 1990; Driver y Warrington, 1985)

Lee y Liu (2010) recomiendan llevar a cabo la siguiente progresión para trabajar en concepto energía en las distintas etapas:

- Percepción de la energía como actividad o habilidad para “hacer cosas”
- Identificación de diferentes formas y fuentes de energía
- Conocimiento de procesos de transformación y transferencia de energía
- Reconocimiento de la degradación de la energía
- Toma de conciencia de la conservación

Además, es posible combinar esta secuencia con otras buenas prácticas propuestas por Doménech-Casal (2018) en el aprendizaje de energía, las cuales se mencionan a continuación:

- Promover la modelización e integración de conceptos y teorías
- Trabajar la transformación, transferencia, conservación y degradación de la energía y enfatizar en su relación con el rendimiento
- Utilización de gráficas y realización de simulaciones que permitan relacionar fenómenos y modelos

## **1.2. Modelización**

En la enseñanza de conceptos científicos, de los cuales la mayoría son abstractos, es necesario el uso de herramientas, como modelos o el modelado como, por ejemplo, simulaciones, analogías, mapas, diagramas o gráficos. Estos ayudan a los estudiantes a visualizar estos conceptos mentalmente e incorporar conceptos abstractos, fenómenos o procesos. Son considerados herramienta y método, por lo que son incorporadas en aprendizaje basado en problemas, por proyectos y en enseñanzas STEM (Benzer y Ünal, 2021).

Sin embargo, los modelos son más que simples materiales utilizados en las clases para ayudar al alumnado a entender un concepto o proceso más fácilmente. Paton (1996) define los modelos como actividades científicas y mentales utilizadas para entender un fenómeno aparentemente complicado más fácilmente y Oh y Oh (2011) como representaciones simplificadas y parciales de objetos y fenómenos para poder describir, predecir y explicar aspectos que nos interesen de esos objetos o fenómenos.

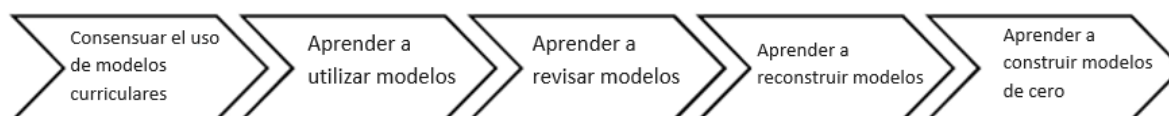
Gilbert et al. (2000) destaca el importante papel que juegan en desarrollar, comprobar y compartir el conocimiento científico, ya que son necesarios para hacer ciencia y son el producto final de la propia investigación científica. Además, poner en práctica la modelización en el aula involucra la expresión de los mismos en cualquiera de sus formas (verbal, gráfico, algebraico...), su uso en distintos contextos y aplicaciones, su evaluación o puesta a prueba en base a la observación y análisis, así como la revisión de los mismos para aumentar su potencial descriptivo, predictivo y explicativo (Oh y Oh, 2011; Baek et. al., 2011)

Harrison y Treagust (2000) clasifican los modelos como modelos analógicos (científicos) y personales (mentales). Los analógicos son los modelos a escala, los simbólicos o icónicos, los matemáticos, los teóricos, los mapas, los diagramas o las simulaciones. Los modelos mentales presentan una estructura personal e incompleta. El modelado se describe como el proceso de crear un modelo.

Justin y Gilbert (2002) describen en sus investigaciones un procedimiento para enseñar habilidades de modelado al alumnado en la enseñanza de las ciencias, que van desde conocer modelos hasta ser capaces de construir su propio modelo desde cero, tal y como muestra la Figura 1.

**Figura 1**

*Etapas en la introducción del modelado en la enseñanza de ciencias propuesto por Justin y Gilbert (2002)*



Los beneficios del uso de modelos y del modelado son múltiples. El alumnado tiene la oportunidad de revisar modelos científicos (Chittleborough y Treagust, 2007), aumenta su entendimiento conceptual y el nivel de éxito (Schwarz & White, 2005), ayuda a eliminar conceptos erróneos (Okumuş & Doymuş, 2018) y ayuda a construir una actitud positiva hacia la asignatura y el proceso de aprendizaje (Türk & Kalkan, 2017).

Justin y Gilbert (2002) destacan que trabajar la habilidad de modelar del alumnado es un proceso de larga duración y complejo que requiere la adquisición de otras destrezas. Además, requiere de un enfoque orientado al proceso, ya que requiere de la realización de predicciones, resolución de problemas y discutir los datos. Por otro lado, un enfoque orientado hacia el producto, utilizado de

forma tradicional, proporciona al alumnado retos memorísticos de bajo nivel cognitivo (Kind y Osborne, 2017).

En los libros de texto de 2º de ESO apenas aparecen modelos representativos de energía y de los procesos energéticos. Uno de los pocos que pueden encontrarse es el propuesto por en el libro de texto de Guereñu et. al. (2016) mostrado en la Figura 2, que además no lo utiliza como elemento estructurante durante la unidad didáctica, si no que se limita a proponerlo para la resolución de algunos ejercicios en relación con el concepto rendimiento.

**Figura 2**

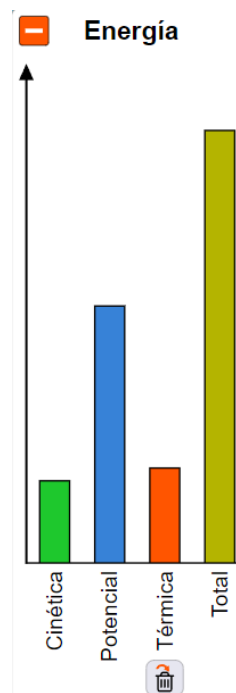
*Modelo de energía propuesto para la resolución de algunos ejercicios por el libro de texto de Guereñu et. al (2016).*



Sin embargo pueden encontrarse otros modelos de energía en otras fuentes. El modelo representativo a través de una gráfica de barras mostrado en la Figura 3 es utilizado por el simulador Phet Interactive Simulations (2022a) que muestra el principio de la conservación de la energía que varían según una patinadora se desliza por una pista con forma de “U”. De esta manera, se aprecia cómo a pesar de que la energía cinética y potencial varían de forma dinámica a medida en que la patinadora se mueve en la pista, pero la energía total permanece constante.

**Figura 3**

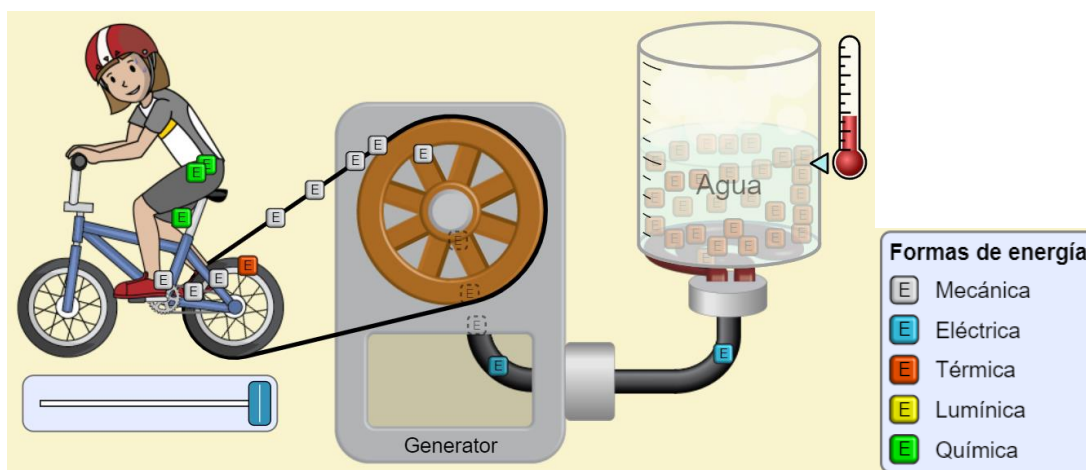
*Modelo de energía propuesto por el simulador Phet Interactive Simulations (2022a).*



Algunos simuladores proponen otros modelos más visuales y que a la vez pueden llegar a ser más complejos, como el mostrado en la Figura 4, que permite interactuar y ver la energía en tránsito. Cada color se corresponde con una forma de energía y, además, puede verse como la energía ni se crea ni se destruye, por lo que se conserva en todo momento. The Association For Science (2021) desaconseja el uso de este tipo de modelos, ya que debe determinarse un sistema en el que se evalúe un tipo de energía en dos momentos previamente definidos. De la otra forma, es difícil “escoger” cuáles son los tipos de energía en momentos intermedios que se van a considerar y es difícil de apreciar la idea de la conservación de la energía. Además, es importante seleccionar el sistema que se va a analizar. Por ejemplo, al hablar de un dispositivo eléctrico conectado a la red, ¿se debe incluir la central hidroeléctrica o es preferible fijar un límite del sistema más cercano?. Además, este tipo de energía nunca se considerará en valores absolutos, por lo que se utilizará expresiones como “la energía cinética es superior en el momento inicial” y es importante elegir ejemplos que tengan un comienzo y final claramente especificados (The Association For Science, 2021; Millar, 2011).

**Figura 4**

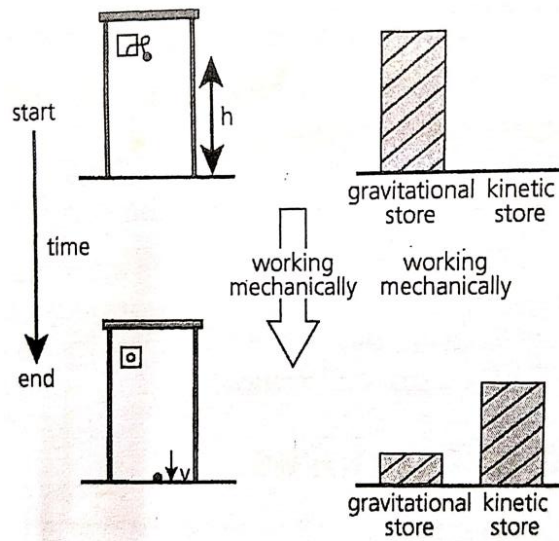
*Modelo de energía utilizado en un simulador propuesto por Phet Interactive Simulations (2022b) en el que paquetes de energía se representan por la letra E. El color indica la forma de energía.*



El modelo representativo mostrado en la Figura 5 también utiliza gráficas de barras y aunque no puede apreciarse la energía total sí que incluye una flecha para mostrar la forma de transferencia de la energía (en este caso mediante trabajo mecánico) (The Association For Science, 2021).

**Figura 5**

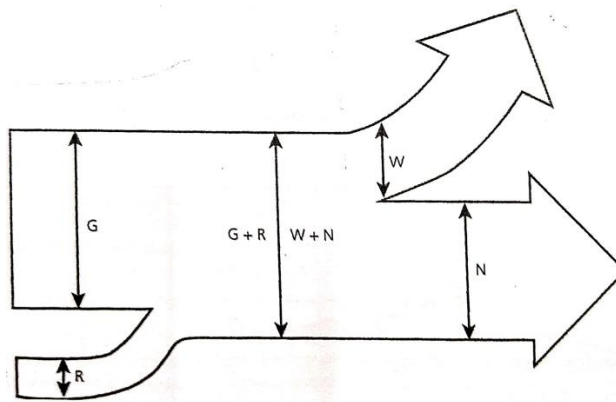
*Modelo de energía propuesto por The Association For Science, 2021*



El modelo representativo mostrado en la Figura 6 es similar al previamente descrito en la Figura 2 solo que el libro The Association For Science (2021) lo propone para la potencia (energía por unidad de tiempo).

**Figura 6**

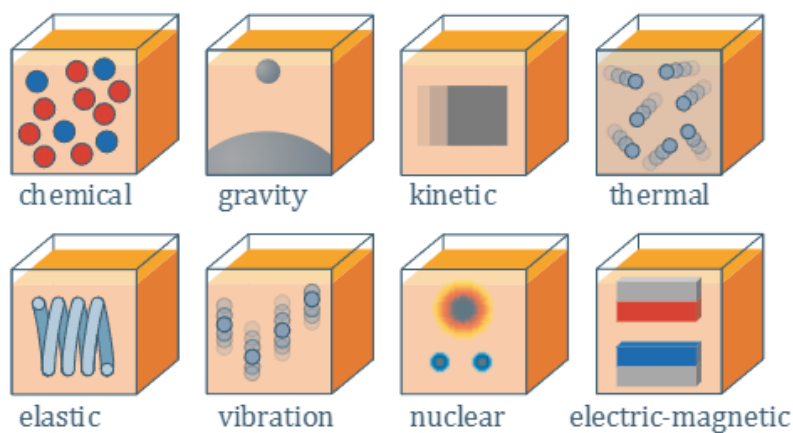
*Modelo para la potencia propuesto por The Association For Science (2021)*



Una de las propuestas más sólidas y completas es presentada por el Institute of Physics, mediante la utilización de formas de almacenamiento de la energía y mecanismos de transferencia. Para ello Institute of Physics (2022a) propone la utilización de una fichas imprimibles basadas en los iconos de la Figura 7. En este caso se encuentran llenas (ver líquido naranja), pero pueden mostrarse también vacías para mostrar cómo varía una determinada forma de energía en diferentes momentos.

**Figura 7**

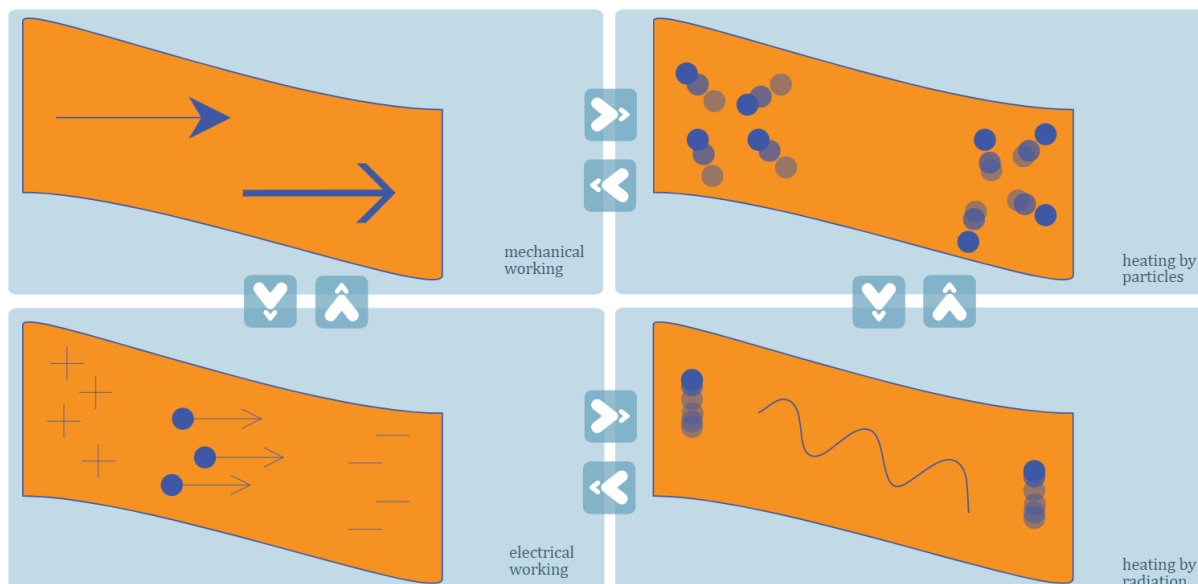
*Formas de almacenamiento de la energía propuesto por Institute of Physics (2022a): química, potencial gravitacional, cinética, térmica, elástica, vibracional, nuclear y electromagnética*



Una vez trabajadas las formas de energías presentes en diferentes sistemas, Institute of Physics (2022b) utiliza los diagramas mostrados en la Figura 8. Muestra cuatro mecanismos, dos de ellos mediante trabajo, que puede ser mecánico o eléctrico, o calor, que a su vez puede ser por partículas, es decir, por contacto, que haría referencia a la conducción y convección, o por radiación. Mediante estas representaciones podrían unirse diferentes iconos mostrados en la Figura 7.

**Figura 8**

*Mecanismos de transferencia o transformación de energía propuesto por Institute of Physics (2022b): trabajo mecánico y eléctrico y calor por partículas (conducción y convección) o radiación.*

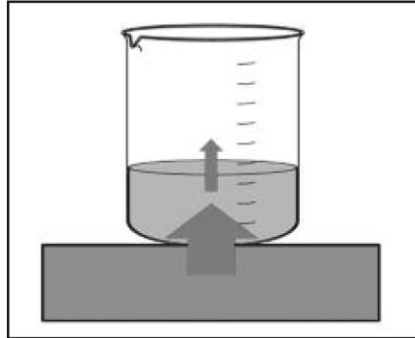


Existen otros modelos para representar la transferencia de energía mediante calor. Uno de ellos es el propuesto por López-Gay et. al (2015), mostrado en la Figura 9 en el que el calor se presenta mediante flechas. Estas representan la dirección en la que se transmite el calor y su grosor es directamente proporcional a la cantidad de calor transmitida. Este modelo también es utilizado en

prácticas de laboratorio propuestas por Sensociencia (s. f.). Esta propuesta se compone de siete actividades. En las dos primeras se introduce el modelo de energía, después se proponen varias situaciones sencillas y en las tres finales se plantea una pequeña indagación basada en la interacción entre el agua y el aceite, para lo cual deben completar el modelo planteado desde el inicio.

**Figura 9**

*Modelo de transferencia de energía por calor propuesto por López-Gay et. al. (2017). En este caso concreto un vaso de precipitados que contiene un líquido es calentado en una placa.*



La representación de este modelo puede utilizarse de forma directa o inversa. A través de una medición de temperatura pueden deducirse cómo será el calor transmitido o sabiendo dicho modelo puede predecirse cómo evolucionaron las temperaturas de los diferentes elementos del sistema en función del tiempo.



## 2. OBJETIVOS

Los objetivos de este Trabajo Fin de Máster son:

- Desarrollar una unidad didáctica de la energía para el alumnado de 2º de la ESO en la que se introduzca la utilización de modelos representativos al alumnado
- Proponer un modelo adecuado para las condiciones del grupo
- Evaluar si la propuesta didáctica supone un cambio en la comprensión del alumnado sobre la energía.

Para analizar si se ha alcanzado este último objetivo se utilizará como instrumento de investigación un test que se llevará a cabo al alumnado antes y después del desarrollo de la unidad didáctica.

En concreto, las preguntas de investigación que se plantean son:

- ¿Qué concepciones alternativas recogidas previamente en la bibliografía perduran entre el alumnado?
- ¿Cómo evoluciona el léxico del alumnado con esta propuesta didáctica?
- ¿Se produce un avance hacia concepciones de mayor nivel del concepto energía con esta propuesta didáctica?

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Muestra**

Este trabajo se ha llevado a cabo con alumnas y alumnos de segundo de ESO de un colegio concertado de una localidad navarra fuera de la Cuenca de Pamplona, del curso 2021-2022. En total son 105 alumnas y alumnos, distribuidos en cuatro clases, cada una de ellas con entre 26 y 27 alumnas y alumnos. En clase no cuentan con Chromebook ni ningún dispositivo electrónico individual y hasta ahora las clases son principalmente expositivas por parte del docente.

Durante la primera mitad del curso han visto temario de química y la unidad didáctica de fuerzas es la segunda que ven de física, después de ver el movimiento (velocidad, aceleración, movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado). Cabe destacar que el tema de fuerzas se verá después del de energía, por lo que todavía no tienen nociones sobre el mismo.

En el examen en la primera convocatoria participaron un total de 96 estudiantes y todos estos datos son tenidos en cuenta en este trabajo, al igual que la de todos los participantes del test voluntario realizado en la plataforma Educamos, que asciende a 87. Se ha tenido en cuenta a todos ellos debido a que el objetivo del mismo es proveer a los docentes de cómo se está produciendo el proceso de aprendizaje para permitirles así adaptarlo.

En cuanto al postest, por cuestiones organizativas, una gran parte de una de las cuatro clases no pudo realizar el test, por lo que únicamente 69 alumnas y alumnos realizaron ambos test. Únicamente estos han sido tenidos en cuenta.

#### **3.2. Descripción de la propuesta**

Para el desarrollo de esta unidad didáctica se disponían de un total de 10 sesiones, es decir, 3 semanas y un día. Se decide trabajar los siguientes estándares de aprendizaje evaluables (EAE) en esta unidad didáctica:

- 1.1. Argumenta que la energía se puede transferir, almacenar o disipar, pero no crear ni destruir, utilizando ejemplos
- 2.1. Relaciona el concepto de energía con la capacidad de producir cambios e identifica los diferentes tipos de energía que se ponen de manifiesto en situaciones cotidianas explicando las transformaciones de unas formas a otras
- 3.2. Conoce la existencia de una escala absoluta de temperatura y relaciona las escalas de Celsius y Kelvin.
- 3.3. Identifica los mecanismos de transferencia de energía reconociéndolos en diferentes situaciones cotidianas y fenómenos atmosféricos, justificando la selección de materiales para edificios y en el diseño de sistemas de calentamiento.

Siendo uno de los objetivos principales de la unidad didáctica alcanzar el EAE 1.1, es decir,

tener conciencia de la degradación y conservación de la energía.

Lee y Liu (2010) proponen que previamente se debe trabajar la energía como capacidad para producir cambios (EAE 2.1), las formas de energía (EAE 2.1), la transferencia y transformación de la misma (EAE 3.3), y esta es la secuencia didáctica escogida. Además, se incluyen las escalas de temperatura (Celsius, Fahrenheit y Kelvin).

Para ello, se han definido los siguientes objetivos de aprendizaje:

- Al menos el 95% del alumnado emplea el concepto de energía en diferentes situaciones.
- Al menos el 95% del alumnado identifica diferentes fuentes de energía en situaciones cotidianas
- Al menos el 90% del alumnado conoce los mecanismos de transferencia de energía (trabajo y calor).
- Al menos el 95% del alumnado calcula el trabajo a partir de los datos de fuerza y desplazamiento.
- Al menos el 95% del alumnado aplica el modelo propuesto para resolver problemas aplicando el principio de conservación de la energía.
- Al menos el 85% del alumnado analiza situaciones cotidianas utilizando la degradación de la energía.
- Al menos el 95% del alumnado calcula el rendimiento a partir de una representación del modelo.
- Al menos el 90% del alumnado realiza cambios de unidades en las escalas de temperatura (Celsius, Fahrenheit y Kelvin).

La secuencia didáctica llevada a cabo en el aula se lleva a cabo de una forma inductiva. Es decir, de lo particular a lo general partiendo de conocimientos previos hasta alcanzar el conocimiento más genérico.

En esta propuesta se ha introducido un modelo y la tabla de discusión de tres discursos (fenómeno, fuerza y energía) en los problemas de conservación de energía, que se describirán en los próximos apartados.

La Tabla 3 muestra la secuencia didáctica seguida en base a las etapas propuestas por Lee y Liu (2010). Por ejemplo, antes de trabajar la definición de energía, se trabajaron los conocimientos previos del alumnado con preguntas como “¿Qué tendrá mayor energía? ¿Un coche cuando va a 100 km/h o cuando va a 20 km/h? ¿un coche a 120 km/h o un camión la misma velocidad?”. En caso de duda para poder justificarlo se recurrió a la definición de energía como capacidad para producir cambios, por lo que se les preguntaba al alumnado en el aula “¿Cuál producirá mayor cambio? Por ejemplo, ¿cuál producirá mayor cambio sobre un árbol al chocar contra él?”

**Tabla 3**

*Resumen de la secuencia didáctica*

Etapas propuestas por Lee y Liu (2010)	Descripción	Utilización modelo
Percepción de la energía como actividad o habilidad para “hacer cosas”	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Definición energía</li> <li>● Cambios de unidades</li> </ul>	
Identificación formas y fuentes de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Formas y fuentes de energía</li> </ul>	
Conocimiento de procesos de transformación y transferencia de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Trabajo y calor</li> <li>● Escalas de temperatura (Celsius, Fahrenheit y Kelvin)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción modelo mediante transformaciones de energía de forma cualitativa</li> </ul>
Conservación de la energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Principio de conservación de la energía (ejercicios con E. cinética y potencial)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aplicación modelo</li> </ul>
Reconocimiento de la degradación de la energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Práctica de simulación</li> <li>● Fuerza de rozamiento y degradación</li> <li>● Rendimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Introducción energía térmica (degradación) y rendimiento (Energía útil y no útil) en el modelo</li> </ul>

Debido a que previamente ya se había hablado de los factores que influyen en que un sistema tuviera más o menos energía (velocidad, altura, temperatura, si un material elástico está tenso...), el trabajo en cuanto a las formas de energía se basó únicamente en ponerles nombre (cinética, potencial gravitatoria, elástica...) y añadir algunas nuevas que no se habían trabajado, como la energía nuclear.

Para seguir con la transformación de energía de unas formas en otras se comenzó a aplicar el modelo de energía, indicando en dos momentos concretos la energía de un cuerpo (por ejemplo una piedra cuando se deja caer de una determinada altura cuando está en el punto más elevado y justo antes de chocar contra el suelo. Para poder entender el trabajo fue imprescindible definir este término en el lenguaje técnico y coloquial para lo cual para situaciones concretas analizamos si se producía trabajo desde ambos puntos de vista. Uno de ellos fue, por ejemplo, una persona que está 5 horas delante del ordenador trabajando. Desde el punto de vista coloquial obviamente está trabajando, pero desde el científico no, ya que no existe ningún desplazamiento (obviando pequeños movimientos).

El alumnado propuso situaciones cotidianas en las que se produzca transferencia de energía mediante calor, antes y después de conocer la definición del mismo. A su vez se analizaron las escalas de temperaturas y sus respectivos cambios de unidades.

La conservación de la energía se introdujo planteando el debate sobre si la energía se podía crear y destruir, para posteriormente realizar ejercicios de conservación con energía cinética y

potencial. Para introducir la degradación de la energía se utilizó el simulador Phet Interactive Simulations (2022a) guiada por una ficha con la que inicialmente el alumnado debía representar el modelo de energía de una patinadora en una pista sin fricción. Posteriormente, se introducía la fricción y se les planteaba la pregunta sobre si se conservaba la energía.

Una vez trabajado este concepto en mayor profundidad, se introdujo el concepto de rendimiento sobre el propio modelo.

Para todo ello se han utilizado los materiales indicados en la Tabla 4. Durante el desarrollo se utilizó una presentación en formato *Power Point*.

**Tabla 4**

*Lista de materiales utilizados en la unidad didáctica*

Material	Contenido
Pre y postest	Anexo I
Presentación Power Point	
Hoja de teoría	
Hojas de ejercicios	
Simulador “Energía en la pista de patinaje” (Phet Interactive Simulations, 2022a)	<a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_es.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_es.html</a>
Ficha para simulador	Anexo II
Libro de texto	Editorial EDEBE (Obra colectiva, 2019)
Test Educamos	Anexo III
Examen	Anexo IV

A su vez, debido a que el alumnado tenía como costumbre la toma de apuntes de la teoría y esto alteraba el desarrollo fluido de la clase, se generó una hoja resumen de teoría para evitar que esto sucediera.

Durante la última semana de la unidad didáctica el alumnado tuvo abierto un test de repaso en la plataforma Educamos. Disponen de todo el tiempo que precinda para hacerlo y todas ellas son preguntas tipo test con cuatro opciones de respuesta en la que solo una es la correcta. En el mismo participaron 87 alumnas y alumnos. A su vez, se realizó un examen al finalizar la unidad didáctica.

### **3.2.1. Modelo**

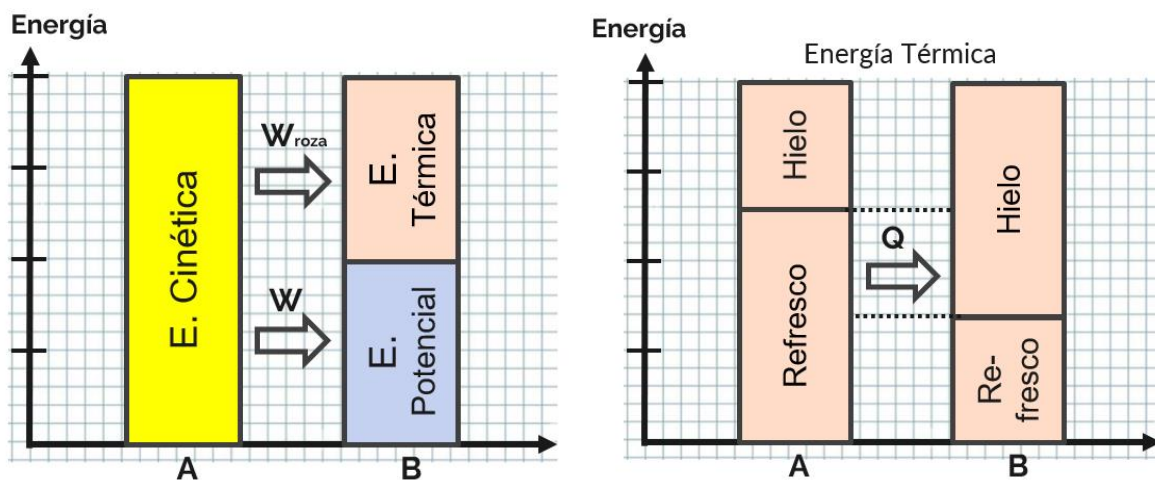
El modelo propuesto en este trabajo fin de máster es una adaptación de los modelos propuestos por Phet Interactive Simulations (2022a) y The Association For Science (2021). El alumnado es la primera vez que tiene la asignatura de física y química y no han trabajado la indagación en este curso o anteriores. En cuanto al uso de modelos y modelado su experiencia se ha limitado al uso de modelos de forma puntual. Por todo ello y, según las etapas

propuestas por Justin y Gilbert (2002) para la introducción del modelado en la Figura 1, este trabajo pretende alcanzar el segundo nivel correspondiente con el aprendizaje en el uso de modelos. Se realizaron pequeñas incursiones en la siguiente etapa, la revisión de modelos, de forma muy superficial.

En el modelo propuesto en esta unidad didáctica se representa una gráfica de barras acumuladas la energía de un sistema en varios momentos, los que se indican en el eje de abscisas mientras que en el de ordenadas la energía, en sus diferentes formas, las que quedan reflejadas en el color de las barras. Ejemplos para dos situaciones diferentes se representan en la Figura 10.

**Figura 10**

*Ejemplo del modelo de energía propuesto para dos supuestos: (a) una pelota es lanzada verticalmente hacia arriba en presencia de aire, por lo que se produce una fuerza de rozamiento; (b) unos hielos se introducen en un vaso con refresco.*



Este modelo de energía representa el principio de conservación de energía, por lo que la energía total del sistema deberá ser siempre constante, por lo que la altura total de las barras siempre deberá ser la misma en todas los momentos propuestos.

En la representación gráfica se incluyen unas flechas indicando si la forma de transferencia de energía se produce mediante trabajo ( $W$ ) o calor ( $Q$ ).

Al representar de forma acumuladas las barras en cada momento hace que pueda verse de forma directa y visual que la energía total siempre debe ser constante cumpliéndose así el principio de conservación de la energía.

### 3.2.2. Tabla de discusión en tres pasos (fenómeno/fuerzas/energía)

Debido a que en el tema de movimiento han visto la caída libre y una de las prácticas que hicieron fue dejar caer diferentes objetos desde una ventana, este ejemplo ha sido utilizado

como caso de partida en el desarrollo de la unidad didáctica.

The Association For Science (2021) explica que si se explica un fenómeno desde el punto de la energía no se está explicando la causa. En el caso de la caída libre podríamos decir que cuando se deja caer presenta energía potencial pero no cinética y justo antes de impactar contra el suelo presentará solo cinética. Si únicamente el fenómeno desde este punto de vista no estamos explicando la causa raíz que hace que la pelota caiga, lo que puede producir gran frustración en el alumnado, por lo que es necesario incluir una explicación de las fuerzas. Por ello, propone la utilización de la tabla de discusión en tres pasos, la cual se ha adaptado para la utilización en este trabajo, tal y como se muestra en la Figura 11.

**Figura 11**

*Discusión en tres pasos utilizada en los problemas de conservación de energía.*

Descripción del <b>fenómeno</b>	
Explicación de <b>fuerzas</b>	
Análisis basado en <b>energía</b>	

En la misma se debe realizar una descripción del fenómeno, lo que conlleva al alumnado a explicar con sus palabras lo que sucede (ej. Una pelota se deja caer desde 8 metros de altura). Posteriormente deberán indicar qué fuerza genera el cambio y cuál es ese cambio (ej. La fuerza de la gravedad hace que la pelota caiga haciendo aumentar su velocidad) y finalmente se describe qué formas de energía presenta el sistema en diferentes instantes (ej. Inicialmente la pelota únicamente presenta energía potencial, mientras cae presenta cinética y potencial y justo antes de impactar contra el suelo únicamente cinética).

### **3.3. Instrumentos de investigación**

Se ha realizado un test al alumnado antes de comenzar la unidad didáctica y una vez finalizada para evaluar su evolución en el concepto de energía. El test, mostrado en el **Anexo I**, es una adaptación más simplificada del test utilizado por Doménech-Casal (2018), que contiene cuatro preguntas:

- Pregunta 1: pregunta abierta para que el alumnado comente que saben de la energía. Al tratarse de una pregunta tan libre se les da una guía: qué saben sobre la energía, cómo actúa o sus propiedades.

Cambios en la comprensión del concepto energía del alumnado de 2º ESO mediante aprendizaje basado en modelización

- Pregunta 2: se les pide al alumnado un listado de palabras que tengan relación con la energía
- Pregunta 3: se presentan nueve afirmaciones, las cuales son concepciones alternativas y el alumnado debe según la escala Likert (entre 1 y 6) asignar una puntuación, representado 1 el máximo desacuerdo y 6 estar completamente de acuerdo.
- Pregunta 4: se presenta una situación cotidiana en la que un balón se deja caer desde una altura y la altura máxima que alcanza tras cada bote es menor. Se les pregunta de forma abierta por qué creen que sucede esto.

En la primera pregunta se evita preguntarles directamente por una definición de energía, ya que se correría el riesgo de que en el postest el alumnado diese una definición de libro aprendida de memoria, lo cual no perseguiría el objetivo propuesto.

Las ideas alternativas relativas a la energía se han estudiado ampliamente en las últimas décadas en la educación secundaria y están claramente recogidas en la bibliografía. Por ello el objetivo con este instrumento no se busca recoger nuevas ideas alternativas. Simplemente se pretende conocer cuáles de las concepciones alternativas más comunes que persisten en mayor medida entre el alumnado. De esta manera podrá adecuarse la unidad didáctica a este resultado.

Además, se han utilizado otros elementos durante el desarrollo de la unidad didáctica para evaluar el desarrollo. Uno de ellos es el test de repaso disponible en el Anexo II realizado en la plataforma Educamos. Esta herramienta ha sido utilizada durante todo el curso escolar y es realizada habitualmente unos días antes del examen. Se ha decidido mantener este test para esta unidad didáctica porque, por un lado es de utilidad para el docente para ver la evolución del alumnado y analizar debilidades y fortalezas en los diferentes contenidos, y por otro, el alumnado es consciente de su progreso en el aprendizaje. El alumnado realizó este test durante la última semana de esta unidad didáctica, antes de la realización del examen.

Para el análisis de los resultados de la pregunta se utilizarán los niveles jerárquicos propuestos por Liu y McKeough (2005). Para la interpretación de los resultados de la segunda pregunta se mostrarán los términos más utilizados por el alumnado y la clasificación de los mismos en diferentes categorías.

Para el análisis de datos de la Pregunta 3 a cada valor en la escala Likert se le asignará una categoría. Si la respuesta es 1, se considera como “muy en desacuerdo”, si es 2 o 3 será “en desacuerdo”, 4 o 5 se asignará “de acuerdo” y 6 será “muy de acuerdo”. los resultados se representarán en gráficas de barras centradas.

Para la Pregunta 4 se realiza una adaptación de las propuesta realizada por Liu y McKeought (2005), que se muestra en el apartado resultados.



#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la introducción del modelo y la tabla de discusión en tres pasos (fenómeno/fuerzas/energía) una parte del alumnado mostró en principio cierta discrepancia debido a que no entendían para qué había que realizarlo. Poco a poco fueron utilizando estas herramientas.

La Figura 12 muestra un ejemplo de tabla de discusión en tres pasos realizado por un alumno.

**Figura 12**

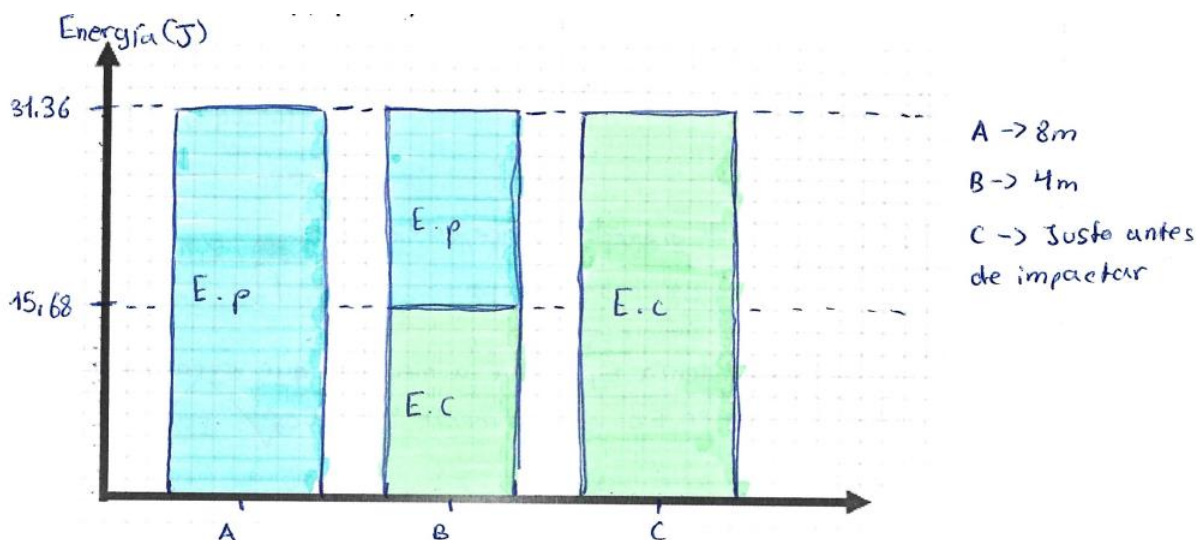
Ejemplo de la tabla de análisis del fenómeno realizado por un alumno de una pelota que se deja caer desde 8 metros de altura y se analiza hasta que alcanza el suelo.

Descripción del fenómeno	Se deja caer una <del>pelota</del> balón desde una ventana.
Explicación de fuerzas	La fuerza de la gravedad hace que aumente la velocidad
Análisis basado en energía	En el momento A tiene potencial y en el B cinética y potencial y en el C solo cinética

La Figura 13 muestra un ejemplo de utilización del modelo propuesto por una alumna. La introducción de las flechas indicativas de si la transferencia de energía se producía mediante trabajo o calor, aunque el docente las utilizaba en las explicaciones, no se les solicitaba hacerla al alumnado.

**Figura 13**

Ejemplo de modelo de energía realizado por una alumna de una pelota que se deja caer desde 8 metros de altura. Se presentan diferentes momentos: A ( $h=8\text{ m}$ ), B ( $h=4\text{ m}$ ) y C ( $h=0\text{ m}$ ).



La utilización del simulador resultó motivante para el alumnado. En tres de los cuatro grupos

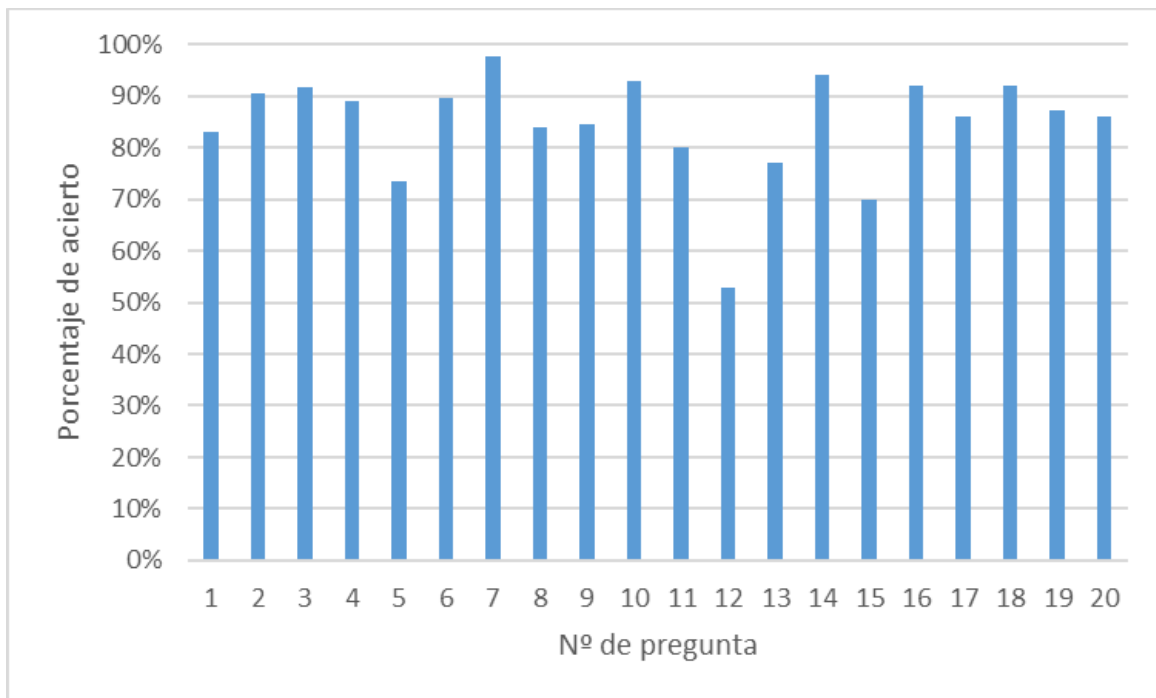
se utilizó para introducir la degradación de la energía al activar la fricción de la patinadora con la pista. Tras activar la fricción el alumnado representó el modelo y se les preguntaba si al pararse la patinadora ya no se cumplía el principio de conservación de la energía. Gracias al modelo en torno a tres cuartas partes del alumnado contestó que sí se cumplía. Esto puede considerarse con una breve inclusión en la siguiente etapa, revisión de modelos, en la introducción de modelos propuesta por Justin y Gilbert (2002).

#### 4.1. Elementos de evaluación

El porcentaje de aciertos de cada una de las preguntas del test de repaso disponible en la plataforma Educamos puede verse en la Figura 14. Se aprecia claramente como hay dos preguntas, la 12 y la 15, seguidas de la 5, en las que el porcentaje de aciertos es notablemente inferior al resto.

**Figura 14**

*Porcentaje de aciertos de cada una de las preguntas realizadas en la plataforma Educamos.*



La pregunta 12 es un cambio de unidades de calorías a julios, en el que la respuesta correcta se expresaba en kJ y la mayoría de participantes respondieron que “Ninguna de las respuestas es correcta”. La pregunta 15, sin embargo, realiza la misma pregunta que la última del test utilizado con instrumento de investigación, en la que se debe explicar por qué cada bote de un balón que se deja caer alcanza una altura menor.

Aunque su porcentaje de acierto es algo superior, la Pregunta 5 también muestra un porcentaje de acierto menor al 75%. En esta pregunta debe calcularse la energía cinética en kJ conociendo la masa y velocidad de un cuerpo (en unidades diferentes a las del Sistema Internacional). Desde el comienzo de la unidad didáctica se había detectado que los problemas en los que previamente

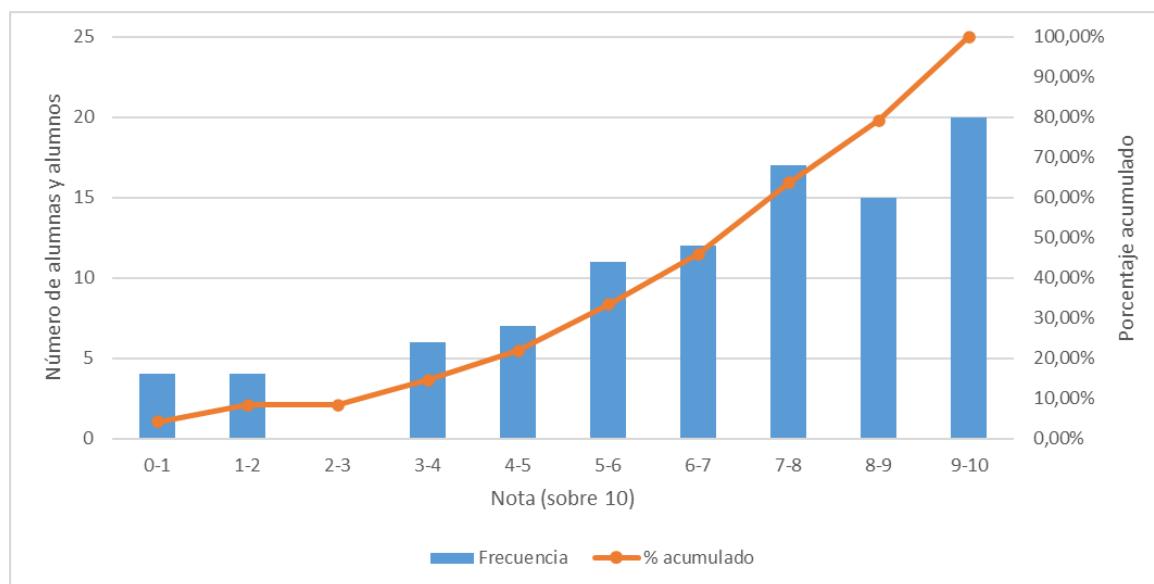
es necesario un cambio de unidades, por lo que se identificó y se reforzó en las últimas clases.

Gracias a este test en los últimos días de clase se pudo realizar más cambios de unidades para reformar y se realizaron más ejercicios de problemas de conservación. Se decidió no explicar el por qué cada vez el balón alcanza menos altura tras cada bote porque esta pregunta debía ser contestada días más tarde en el postest y podría darse el caso de que una parte del alumnado conteste correctamente sin entender realmente la cuestión. Sin embargo, se trabajaron otros problemas similares.

De los 96 alumnos que se presentaron al examen en fase ordinaria el 78,1% aprobaron el mismo, tal y como puede verse en el histograma mostrado en la Figura 15.

**Figura 15**

*Histograma de las notas del examen de los 96 alumnas y alumnos presentados.*



Además, se han detectado algunas debilidades en el examen, las cuales se ordenadas de mayor a menor incidencia son:

- Principio de conservación de la energía. Dificultades para expresar el principio de conservación de la energía para la resolución de la pregunta 7, que consiste en aplicar el principio de conservación de la energía en un problema con energía cinética y potencial. Si bien es cierto que una buena parte del alumnado respondió correspondiente a la respuesta utilizando el modelo de energía pero sin expresarlo matemáticamente.
- Cambio de unidades de temperatura (grados Celsius, grados Fahrenheit y Kelvin). Un porcentaje importante no despeja correctamente la ecuación que relaciona grados Fahrenheit y Kelvin.
- Identificar calor con temperatura asumiendo que las unidades del calor son unidades propias de temperatura (grados Celsius, grados Fahrenheit o Kelvin)

A su vez, gracias al examen pudo verse como el 79% y 84% del alumnado es capaz de calcular

el rendimiento y conoce varias formas de energía, para las cuales es capaz de poner ejemplos, respectivamente. En relación a la utilización del modelo de energía propuesto se ha detectado como el 13% del alumnado es capaz de resolver ejercicios de conservación de energía, pero no son capaces de realizar completamente el modelo.

Por otro lado, es curioso cómo 5 alumnas y alumnos, que a pesar de no calcular ninguna energía en ningún momento, es capaz de realizar el modelo de energía, obviamente sin asignar valores concretos, lo que muestra la potencialidad en el uso de este modelo. Por ejemplo, durante el desarrollo del examen, varios estudiantes preguntaron a los docentes cómo se resolvían las preguntas de conservación de energía, a lo que los docentes respondieron que aplicasen el modelo según iban obteniendo resultados. Al menos tres alumnas y alumnos que presentaban esta problemática consiguieron resolver este problema tras la aplicación del modelo representativo.

#### **4.2. Instrumento de investigación**

Para el análisis de los resultados de la pregunta 1 se han establecido diferentes niveles jerárquicos según proponen Liu y McKeough (2005) y también utilizadas por Doménech-Casal (2018), los cuales ordenados de menor a mayor nivel conceptual se ordenan de la siguiente manera:

- Energía como capacidad para “hacer cosas” (Categoría 1)
- Formas y fuentes de energía (Categoría 2)
- Procesos de transformación y transferencia de energía, como trabajo y calor (Categoría 3)
- Reconocimiento de la degradación de la energía (Categoría 4)
- Conciencia de la conservación de la energía (Categoría 5)

En el caso de que una alumna o alumno si haya realizado el test pero esta pregunta esté en blanco se le asignará la categoría cero. En el caso de que en la respuesta no se reconozca ninguna de las categorías arriba mencionadas también se le asigna esta categoría. Si aparecen varias categorías en una misma respuesta se le asignará la de mayor nivel conceptual.

Según los resultados de la Pregunta 1 mostrados en la Tabla 5 se advierte como en el pretest todas las respuestas se encontraban en las categorías 0, 1 o 2. En ningún caso se alcanzó a mencionar procesos de transferencia, como calor y trabajo, no se tuvo en cuenta la degradación de la energía ni su conservación. El 38% de los alumnos se limita a entender la energía como capacidad para hacer cosas (“para encender la luz” o “el frigorífico necesita energía para enfriar”), mientras que un 33% reconoce diferentes formas o fuentes de energía. En el pretest aparecen en mayor medida fuentes de energía (“eólica”, “solar”, “renovables”, “no renovables”) que formas y una parte importante del alumnado describe la energía como una fuerza, lo que muestra la permanencia de esta idea alternativa ya descrita en la bibliografía (Doménech-Casal, 2018)

**Tabla 5**

*Número de alumnas y alumnos que han respondido a las Preguntas 1 según la categorización indicada en el pretest y postest. El color verde muestra que se ha producido un mayor salto hacia concepciones más avanzadas y el rojo indica un retroceso en las mismas.*

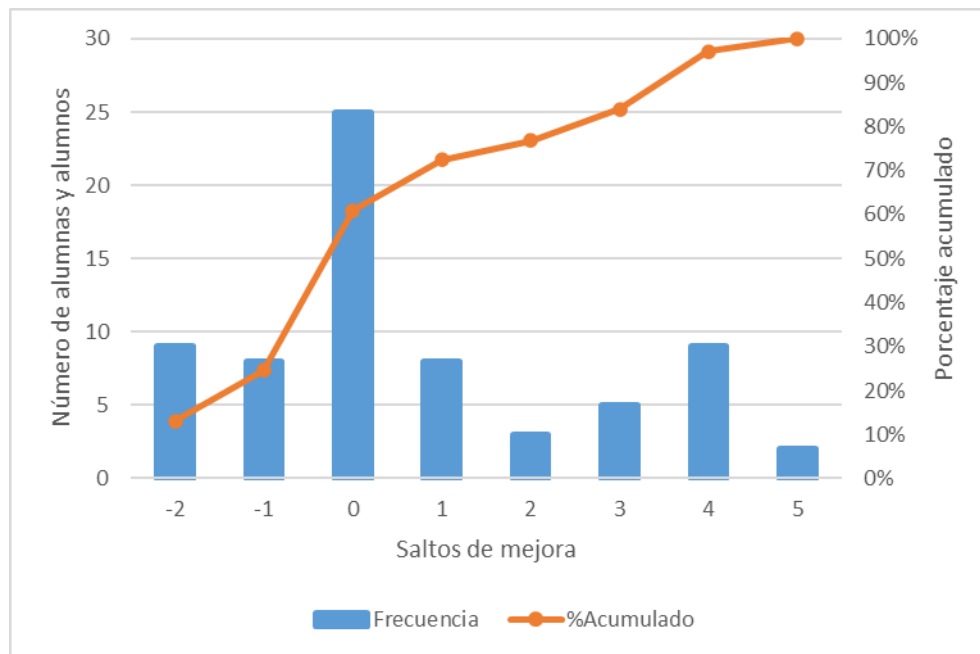
		Categoría en postest						Total
		0	1	2	3	4	5	
Categoría en pretest	0	9	5	3	-	1	2	20
	1	5	9	3	-	1	8	26
	2	7	5	7	-	-	4	23
	3	-	-	-	-	-	-	0
	4	-	-	-	-	-	-	0
	5	-	-	-	-	-	-	0
Total		21	19	13	0	2	14	69

En postest de la Pregunta 1 se ha detectado que 26 alumnas y alumnos (38%) ha utilizado la “definición de libro”, ya sea del término energía y 10 (14%) del principio de conservación. Esta no era la finalidad de este postest, ya que no se pedía una definición concreta de la misma. El objetivo era que el alumnado escribiera de forma personal aspectos relacionados con la energía. Por ello, en la mayoría del 23% del alumnado que muestra concepciones de la energía relacionadas con la degradación y la conservación se han limitado a expresar el principio de conservación. Aquellas alumnas y alumnos que han definido energía como la capacidad para producir su respuesta es categorizada como 1, es decir, como la capacidad de “hacer cosas”.

A pesar de ello, la Figura 14 muestra los saltos de mejora hacia categorías superiores, en la que puede observarse cómo el 36% (25 de 69) del alumnado ha permanecido en el mismo nivel, un 25% se ha desplazado hacia concepciones de menor nivel cognitivo de energía y tan solo el 39% se ha desplazado hacia concepciones de categoría superior. La mayoría de ellos son los que han escrito la definición del principio de conservación de la energía.

**Figura 14**

*Salto de mejora en la categoría entre el pretest y postest. El gráfico de barras incluye la frecuencia (eje de coordenadas primario) y la frecuencia acumulada porcentual (eje de coordenadas secundario).*



Por todo ello, en principio y en vista de los resultados, podría afirmarse que no se ha producido un aprendizaje significativo del concepto energía. Sin embargo, debido a que no se ha conseguido el objetivo de la pregunta, si no que el alumnado se ha limitado a utilizar definiciones de libro, puede decirse que esta pregunta no es representativa de los conocimientos del alumnado, por lo que es necesario analizar el resto para determinar si ha alcanzado los objetivos fijados en este trabajo.

La pregunta 2 pedía al alumnado mencionar términos relacionados con energía. Los términos más utilizados se muestran en la Tabla 6. En el pretest destaca como más de la mitad del alumnado menciona “Sol”, lo que puede provenir de otras asignaturas en la que se ve el Sol como el proveedor de energía necesaria para la vida y que se produzcan fenómenos geológicos, ya trabajados previamente en otras asignatura en la ESO. A su vez, más de un 40% de los encuestados menciona “luz” y “electricidad”, lo que muestra lo relacionado que se encuentra este fenómeno, lo que también se encuentra reflejado en el uso de las palabras “molinos” (15%), “placas solares”(19%), “enchufes” (18%), “baterías” (13%) y “electrodomésticos” (9%). Cabe destacar que una parte importante del alumnado identifica “luz” como corriente eléctrica. A pesar de que en la primera pregunta no se ha encontrado ninguna asociación con procesos de transferencia de energía el 10% de las alumnas y alumnos relacionan la energía con el calor.

**Tabla 6**

*Términos más utilizados por el alumnado en la Pregunta 2, junto con el porcentaje de alumnas y alumnos que lo utilizan*

Término	Pretest		Postest	
	Repeticiones	Porcentaje del alumnado que lo utiliza	Repeticiones	Porcentaje del alumnado que lo utiliza
Sol	34	51%	24	36%
Luz	30	45%	10	15%
Electricidad	28	42%	6	9%
Molinos	15	22%	5	7%
Placas solares	13	19%	4	6%
Movimiento	12	18%	16	24%
Enchufes	12	18%	4	6%
Baterías	9	13%	6	9%
Electrodomésticos	9	13%	2	3%
Calor	7	10%	14	21%
Fuerza	7	10%	12	18%
Cables	7	10%	3	4%
Térmica	1	1%	29	43%
Nuclear	1	1%	21	31%
Cinética	0	0%	33	49%
Potencial	0	0%	31	46%
Química	0	0%	20	30%
Mecánica	0	0%	16	24%
Fuego*	7	10%	1	1%
Velocidad*	3	4%	12	18%
Gravedad*	1	1%	12	18%
Julios*	0	0%	10	15%
Rozamiento*	0	0%	8	12%
Calorías*	0	0%	7	10%
Trabajo*	0	0%	7	10%

\*No se encuentran entre las palabras más repetida, pero debido a su interés se muestran en esta tabla

Con la realización del postest se detecta como la relación de la energía únicamente con aparatos o conceptos eléctricos ha disminuido notablemente pasando a ganar un peso muy importante las formas de energía, siendo algunas de ellas mencionadas por más del 40% del alumnado, como térmica, cinética y potencial. En contraposición, los términos relacionados con el movimiento aumentan, como son “velocidad”, que pasa a ser mencionado por cuatro veces más de alumnas y

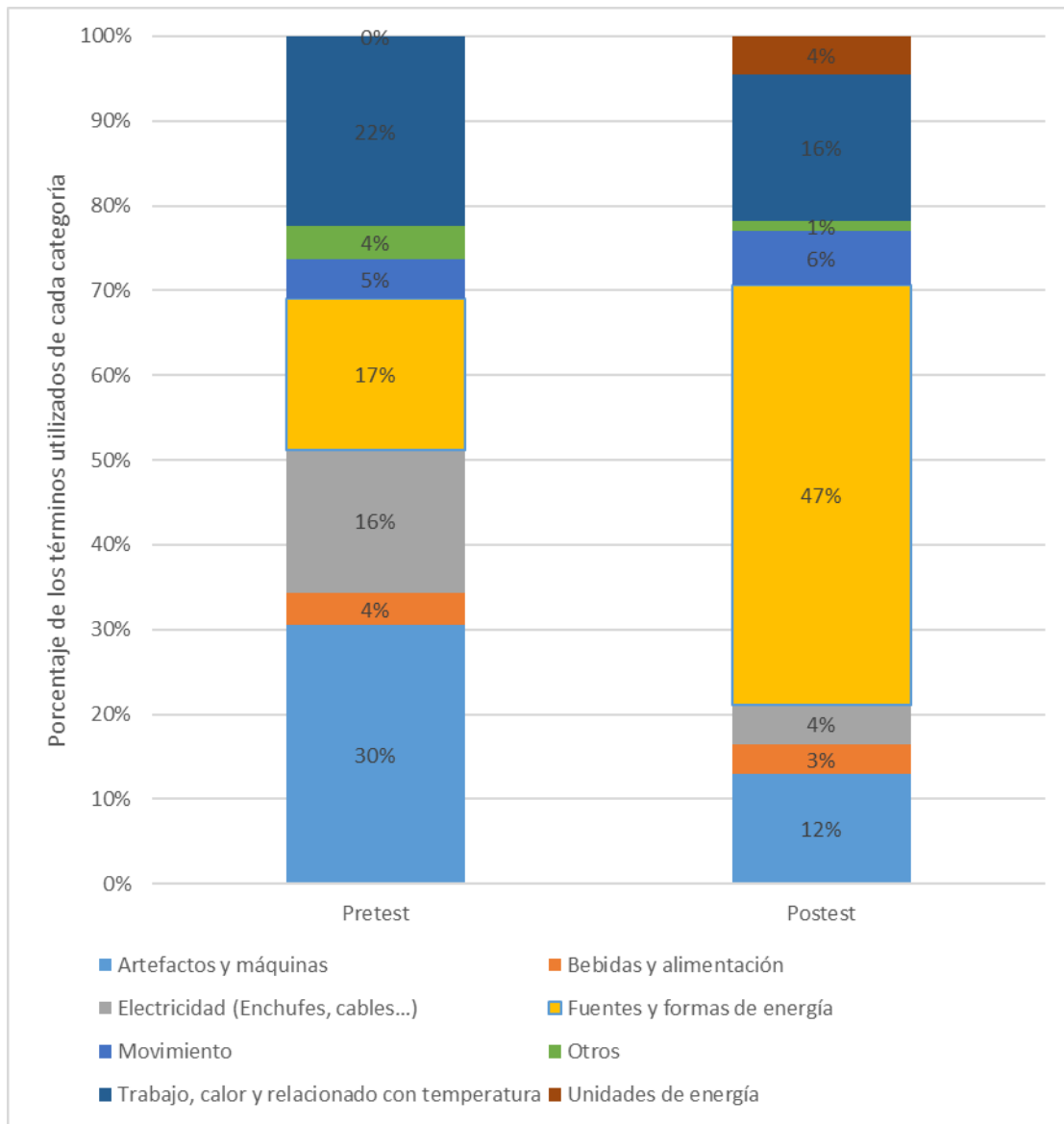
alumnos y “movimiento” que aumenta de un 18% a un 24%.

A su vez se detecta que aparecen nuevos términos no utilizados en el pretest, como “trabajo”, “calorías,” “julios” o “rozamiento”, siendo este último indicativo de una posible transición hacia concepciones de la energía superiores, relacionadas con su degradación.

En el pretest se advierte como uno de cada diez alumnas y alumnos relacionan la energía con el “fuego”, constituyente de una idea alternativa que la energía se asocia o confunde con la llama (Doménech-Casal, 2018). Sin embargo, tras el desarrollo de la unidad didáctica tan sólo uno menciona el fuego, lo que muestra que se ha avanzado hacia concepciones más científicas. En contraposición la identificación de la energía como una fuerza se multiplica por dos, pasando de ser mencionado por un 10% a un 18%.

**Figura 15**

*Porcentaje de palabras utilizadas pertenecientes a diferentes categorías en el pretest y postest.*



Estos mismos términos se agrupan en diferentes categorías, cuyo uso de forma porcentual se



muestran en la Figura 15, en la que se observa que los términos relacionados con artefactos y máquinas han descendido más de la mitad, así como los relativos a la electricidad reduciéndose cuatro veces, al pasar del 16% al 4%. Las diferentes fuentes y formas de energía han pasado de acaparar tan solo el 17% a ser casi la mitad de los términos utilizados.

Por todo ello, puede decirse que el alumnado se ha desplazado de concepciones de la energía basada en la electricidad y en artefactos concretos utilizados en el día a día, hacia un rango mucho más amplio de formas energía, entre las que se encuentran entre otras la química, cinética, nuclear o potencial, que no tienen que estar relacionadas con un aparato físico, sino simplemente con el movimiento o la velocidad. A pesar de que la agrupación del léxico no se ha realizado exactamente como lo hace Doménech-Casal (2018), los resultados son muy similares a los obtenidos en dicho estudio.

En la Pregunta 3 se presentan diferentes concepciones alternativas, mostradas en la Tabla 7 sobre las cuales el alumnado debía calificar según la escala Likert del 1 al 6. Aquellas respuestas en las se le ha asignado un 1 se corresponderá con la categoría “muy en desacuerdo”, 2 y 3 con “desacuerdo”, 4 y 5 “de acuerdo” y 6 como “muy de acuerdo”.

**Tabla 7**

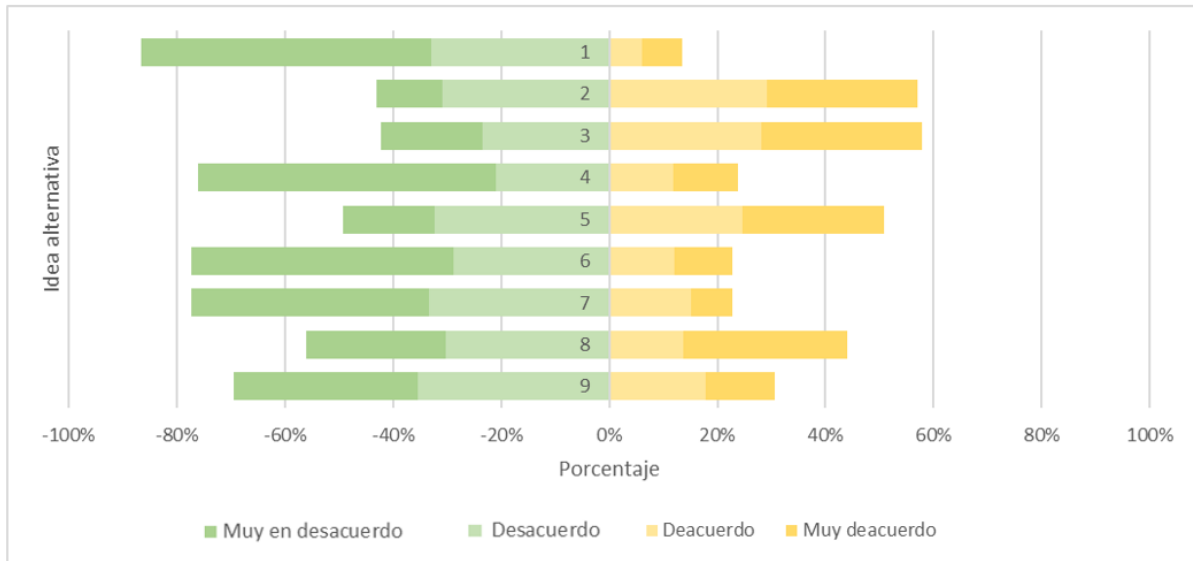
*Leyenda de las ideas alternativas presentes en la Pregunta 3*

	Idea alternativa
1	La energía es un tipo de fluido
2	La energía es una sustancia y se puede almacenar
3	La energía es un combustible
4	La energía no se puede calcular
5	La energía se fabrica
6	Sólo los objetos que se mueven tienen energía
7	Fuerza y energía son lo mismo
8	Una cerilla presenta más energía después de ser quemada que antes
9	Cuando uso energía para hacer algo desaparece

Los resultados del pretest se muestran en la Figura 16. Se observa que antes de comenzar la unidad didáctica las ideas alternativas que más prevalecen entre el alumnado es que la energía “es una sustancia y se puede almacenar”, “es un combustible” y “se fabricar”, ya que en todas ellas al menos el 40% del alumnado se muestra de acuerdo o muy de acuerdo. En contraposición, “es un tipo de fluido”, “no se puede calcular”, “ sólo los objetos que se mueven tienen energía” y “fuerza y energía son lo mismo” son aquellas con menor predominancia, ya que al menos un 60% manifiesta estar en desacuerdo o muy en desacuerdo. De hecho, el 75% de los alumnos les dan una nota de 3 o menor.

**Figura 16**

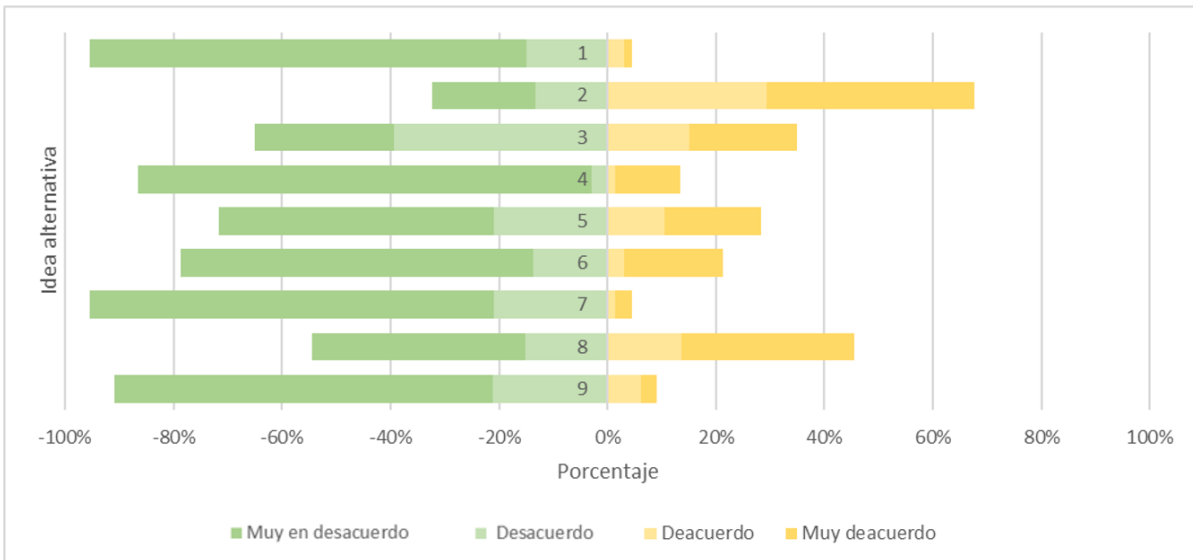
Gráfico de barras de las respuestas a la Pregunta 3 en el pretest.



Las respuestas a la Pregunta 3 en el postest se muestran en la Figura 17. Existen dos afirmaciones en las que apenas prevalece la idea alternativa, en las que tan solo un 4% se mostró estar de acuerdo o muy de acuerdo: “la energía es un fluido” y “fuerza y energía son lo mismo”. Otras ideas sobre la energía en las que su prevalencia se reduce notablemente son: “es un combustible”, “no se puede calcular”, “se fabrica” y “cuando utilizo energía para hacer algo desaparece”.

**Figura 17**

Gráfico de barras de las respuestas a la Pregunta 3 en el postest



Entre las concepciones alternativas hay dos en las que no se detecta una mejora significativa entre ambos test, como son “solo los objetos que se mueven tienen energía” y “una cerilla presenta más energía después de ser quemada que antes”, observándose con esta última que un 46% de encuestado sigue mostrándose de acuerdo o muy de acuerdo tras el desarrollo de la unidad didáctica.

Durante la realización de ambos test los docentes detectaron que muchos estudiantes no entendían la expresión 8 debido a su formulación lingüística.

Solo existe una concepción que prevalece con mayor intensidad en el postest que en el pretest y es “la energía es una sustancia y se puede almacenar” siendo además la que lo hace con un mayor apoyo, ya que más de dos tercios (68%) indica estar de acuerdo o muy de acuerdo. Para futuros trabajos sería recomendable separar ambas afirmaciones en dos independientes, ya que no es posible analizar cuál de las dos conlleva la mayor contribución en el resultado.

En relación al almacenamiento de la energía se trata de un concepto teórico, ya que no se almacena literalmente en forma de materia (la energía no es material). El modelo propuesto representa mediante simbología un “almacenamiento” (en un contenedor con forma de diagrama de barras), lo que puede guiar al alumnado a considerar la energía como algo físico, que se almacena.

En cuanto a la Pregunta 4 se definen diferentes categorías, adaptadas de las propuestas por Liu y McKeough (2005), las cuales de menor a mayor nivel conceptual son:

- Explicación basada en la fuerza de la gravedad (Categoría 1)
- Explicación basada en análisis de energía, por la que la alumna o alumno es consciente de que tras cada bote la energía de la pelota es menor (Categoría 2)
- Contempla el rozamiento o la fuerza de rozamiento como causa (Categoría 3)
- Reconoce la degradación y/o la conservación de la energía (Categoría 4)

Al igual que en la Pregunta 1, si se deja la respuesta en blanco o no se corresponde con ninguna de las previamente descritas se le asigna la Categoría 0.

**Tabla 8**

*Número de alumnas y alumnos que han respondido a las Pregunta 4 según la categorización indicada en el pretest y postest. El color verde muestra que se ha producido un mayor salto hacia concepciones más avanzadas y el rojo indica un retroceso en las mismas.*

		Categoría en el postest					Total
		0	1	2	3	4	
Categoría en pretest	0	7	4	2	4	4	21
	1	3	5		5		13
	2	1	2	8	11	11	33
	3	-	-	-	-	1	1
	4	-	-	-	-	1	1
Total		11	11	10	20	17	69

La pregunta 4 presenta un fenómeno: un balón se deja caer y la altura máxima que alcanza tras cada bote es cada vez menor. Se pide analizar el por qué. La Tabla 8 muestra el número de respuestas según la categorización realizada.

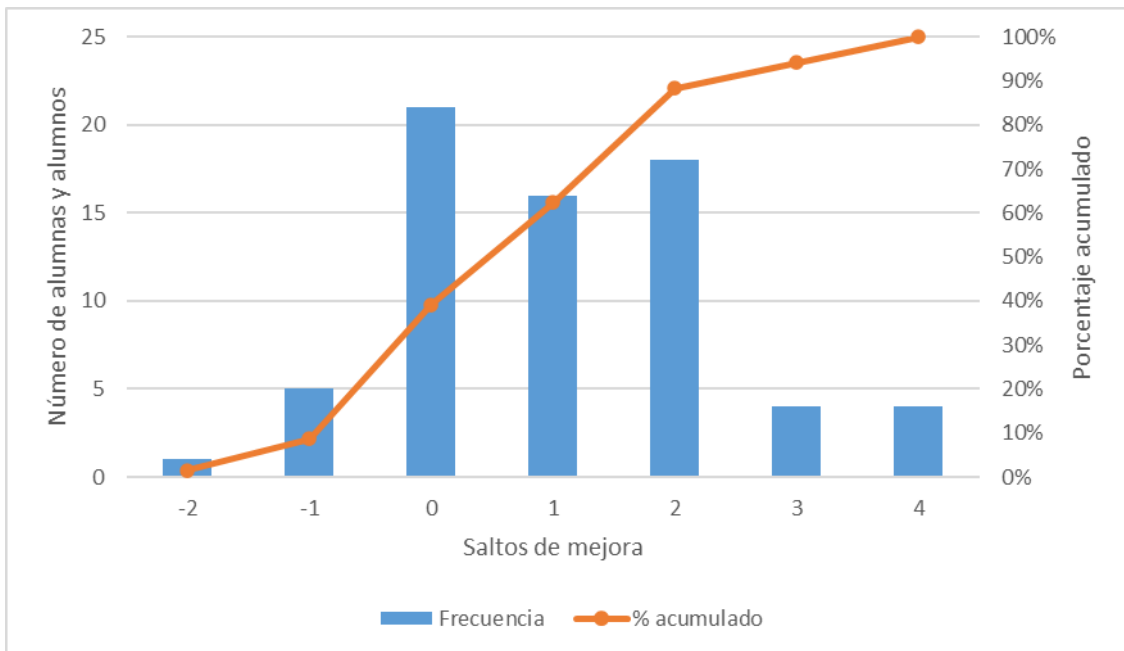
En la prueba realizada antes de comenzar la unidad puede verse como la mitad del alumnado presenta una categoría 2 o superior, ya que la mayoría de ellos es consciente de que la energía de la pelota será cada vez menor y dos de ellos demuestran conocer la degradación de la energía, su conservación o la presencia de una fuerza de rozamiento. Estos resultados reflejan unos conocimientos previos importantes en relación con la energía. Un 19% (13 de 69) achaca este comportamiento simplemente a la fuerza de la gravedad y en torno al 30% deja la respuesta en blanco o no utiliza ninguna de las respuestas incluidas en el resto de categorías.

En torno a dos terceras partes del alumnado al finalizar la unidad es capaz de achacar este comportamiento a la fuerza de rozamiento o a la degradación de la energía, categorías en las que antes se encontraban menos del 3% del alumnado.

La Figura 18 muestra el histograma de los saltos de mejora hacia explicaciones de mayor nivel cognitivo. El 61% del alumnado ha avanzado hacia explicaciones de mayor nivel, mientras que el 30% se ha mantenido en la misma categoría y tan solo un 9% se ha desplazado hacia explicaciones de menor nivel.

**Figura 18**

*Salto de mejora en la categoría entre el pretest y postest. El gráfico de barras incluye la frecuencia (eje de coordenadas primario) y la frecuencia acumulada porcentual (eje de coordenadas secundario).*



A pesar de ello se puede afirmar que en la mayor parte del alumnado se ha producido una mejora hacia concepciones de la energía de mayor nivel.

## CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta unidad didáctica se ha observado cómo el alumnado, a pesar de mostrar una reticencia inicial al uso del modelo al percibirlo como un trabajo extra, finalmente lo han visto como una herramienta más que facilita el aprendizaje.

Respecto a la Pregunta 1 esta pregunta no es representativa de los conocimientos y competencias del alumnado, ya que en el posttest al realizarse después del examen la mayoría del alumnado contestó con definiciones de libro, lo cual no persigue el objetivo de esta pregunta y no es representativo. Doménec-Casal (2018) también realizó esta pregunta y no se obtuvieron este tipo de respuestas, lo que puede deberse a que el alumnado de este estudio durante todo el curso ha tenido dos preguntas de teoría en el examen, por lo que gran parte del alumnado estudia la teoría de memoria.

Con este trabajo se ha confirmado como, antes de la unidad didáctica, el alumnado presenta algunas de las concepciones alternativas recogidas en la bibliografía. Entre ellas, la que tiene una persistencia mayor es la idea de que la energía se fabrica.

Gracias a esta propuesta didáctica basada en el uso de un modelo se ha detectado como el vocabulario del alumnado se ha desplazado hacia un vocabulario más científico, reduciendo la alta asociación que hacía el alumnado de la energía únicamente con la energía eléctrica, dando una visión más amplia de las diferentes formas de energía. A su vez tras la unidad didáctica se ha reducido el uso de vocabulario sobre artefactos y máquinas cercanos al día a día hacia procesos de transferencia de energía, como calor y trabajo, y otros términos técnicos de este campo.

A su vez, se ha reducido la persistencia entre el alumnado de algunas de las principales ideas alternativas en este campo. Gracias a la Pregunta 4 se ha visto como más del 60% del alumnado ha utilizado concepciones de energía de mayor nivel para explicar un fenómeno concreto.

Este modelo del principio de conservación de la energía presenta la ventaja de poder representar el mismo de una forma visual y no únicamente matemática como se ha realizado tradicionalmente. Siendo 2º de la ESO uno de los cursos donde las dificultades con el uso de herramientas matemáticas su potencialidad es mayor. Sin embargo, debido a que permite la introducción de otros conceptos, como calor, trabajo y rendimiento muestra la capacidad de adaptarse a diferentes niveles.

Debido a que gran parte del alumnado piensa que fuerza y energía es lo mismo, la tabla de tres discusiones propuesta es una herramienta más que ayuda a diferenciar estos dos términos al alumnado. Prueba de ello es que la presencia de esta idea alternativa entre el alumnado se ha disminuido de una forma importante. A pesar de ello, en una pequeña parte del alumnado persiste esta idea.

Esta unidad didáctica es un ejemplo de lo que podría ser una de las primeras etapas en la

introducción hacia el modelado en ciencias en la educación secundaria. Se enmarcaría en la segunda etapa propuesta por Justi y Gilbert (2002) y posibilitaría el avance posterior hacia etapas posteriores. El objetivo final sería alcanzar la última etapa, el modelado, basado en la creación de modelos por parte del alumnado.

A su vez, en esta unidad didáctica se han trabajado principalmente las propiedades de la energía y su principio de conservación y no han podido tratarse otros contenidos necesarios para desenvolverse en el mundo actual presentes en el currículo como es el uso responsable de los recursos, fuentes de energía renovables y no renovables.

Entre las propuestas de mejora hacia los instrumentos de investigación sería necesario replantear la Pregunta 1, ya que en el postest la mayor parte del alumnado respondió con definiciones del libro alejándose del objetivo de que explicasen con sus palabras el término energía. Aunque para grupos en los que no se aprendan de memoria la teoría podría seguir siendo válida, para el resto es necesario su replanteamiento. La explicación de un fenómeno concreto, como el bote de un balón, ha manifestado reflejar el avance en el concepto de energía del alumnado, por lo que la interpretación de otros fenómenos podría ser buenos candidatos para sustituir a la pregunta.

Además, la idea alternativa “La energía es una sustancia y se puede almacenar” sería conveniente sustituirla por “la energía es una sustancia”, ya que la energía esta afirmación sí constituye una concepción alternativa pero no que se pueda almacenar.

El modelo propuesto representa unos almacenamiento en forma de gráfica de barras. Una de las principales limitaciones de este modelo es que puede guiar al alumnado hacia la idea alternativa de concebir la energía como algo material y, por lo tanto, entender su almacenamiento como un proceso meramente físico y no teórico.

A pesar de que se ha introducido al alumnado en el uso de modelos, hubiera sido recomendable adentrarse en la revisión o incluso reconstrucción de modelos. Existen otros modelos íntimamente ligados a la energía, como el modelo cinético-molecular para explicar la relación de la temperatura con la materia y con la transferencia de calor, que muestra grandes oportunidades a la hora de avanzar hacia etapas más avanzadas.

Sería muy interesante adentrarse en mayor profundidad en la relación entre fuerzas y energía en el proceso de aprendizaje, ya que se trata de dos conceptos que se solapan durante toda la educación en ciencias y sus fronteras no están claramente definidas por el alumnado. La utilización en este trabajo de la discusión en tres pasos podría ser un punto de partida.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baek, H.; Schwarz, C.; Chen, J.; Hokayem, H. y Zhan, L. (2011). Engaging elementary students in scientific modeling: The MoDeLS fifth-grade approach and findings. *Models and Modeling*, Springer, 195-218.
- Bañas, C., Mellado, V., & Ruiz, C. (2004). Los libros de texto y las ideas alternativas sobre la energía del alumnado de primer ciclo de educación secundaria obligatoria. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 21(3), 296-312.
- Benzer, A. I., & Ünal, S. (2021). Models and Modelling in Science Education in Turkey: A Literature Review. *Journal of Baltic Science Education*, 20(3), 344-359.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the submicroscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274-292. <https://doi.org/10.1039/B6RP90035F>
- de Guereñu, J. G. L., González, A., Guitart, J., & Corominas, J. (2016). *Física y química. 2 ESO. Savia*. SM.
- Doménech-Casal, J. (2018). Concepciones de alumnado de secundaria sobre energía. Una experiencia de aprendizaje basado en proyectos con globos aerostáticos. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(2), 191-213.
- Driver, R. y Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education*, 20, pp. 171-176. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/20/4/308>
- Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. L. (1963). *The Feynman lectures on physics*. Reading, Mass: Addison-Wesley Pub. Co.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. K.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hierrezuelo, J. y Molina, E. (1990). Una propuesta para la introducción del concepto de energía en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), pp. 23-30.
- Institute of Physics (2022a). A limited number of stores [sitio Web] Recuperado 24 de Mayo de 2022, de <https://spark.iop.org/limited-number-stores>.
- Institute of Physics (2022b). Pathways to and from stores [sitio Web]. Recuperado el 24 de mayo de 2022, de <https://spark.iop.org/pathways-and-stores>.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387. <https://doi.org/10.1080/09500690110110142>

- Kind, P., and Osborne, J. (2017). Styles of scientific reasoning: a cultural rationale for science education? *Science Education*, 101(1), 8–31. <https://doi.org/10.1002/sce.21251> .
- Lee H. S. y Liu, O. L. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94(4), pp. 665-688. <https://doi.org/10.1002/sce.20382>
- López, Z. C. (2009). Las concepciones alternativas de los estudiantes sobre la naturaleza de la materia. *Revista Iberoamericana de Educación*, 50(2), 1-10.
- López-Gay, R., Liso, M. R. J., & Chico, M. M. (2015). Enseñanza de un modelo de energía mediante indagación y uso de sensores. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, (80), 38-48.
- Martínez, C. y Rivadulla, J. C. (2015). ¿Cómo progresar en la enseñanza de la energía? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 79, pp. 17-24.
- Millar, R. (2015). La Enseñanza en materia de energía: desde los conocimientos cotidianos hasta la formación científica. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 80, pp. 8-16.
- Millar, R. (2015). La Enseñanza en materia de energía: desde los conocimientos cotidianos hasta la formación científica. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (80), 8-16.
- National Research Council Canada (2011). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academy Press. Chapter 4: Crosscutting Concepts.
- Navarra, Gobierno de Navarra. (2015a) Decreto Foral 24/2015, de 22 de Abril por el que se establece el currículo de las enseñanzas de Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Foral de Navarra. Boletín Oficial de Navarra, 02-07-2015, 127. <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=36132>
- Navarra, Gobierno de Navarra. (2015b) Decreto Foral 25/2015, de 22 de Abril por el que se establece el currículo de las enseñanzas del Bachillerato en la Comunidad Foral de Navarra. Boletín Oficial de Navarra, 02-07-2015, 127. <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=36133>
- Obra colectiva. (2019). Física y Química 2ºESO. EDEBE.
- Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *Int J Sci Educ.*, 33(8), 1109-1130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.502191>
- Okumuş, S., Doymuş, K. (2018). The effect of using models with seven principles and cooperative learning on students' conceptual understandings. *Abant İzzet Baysal University Education Faculty Journal*, 18(3), 1603-1638.
- Paton, R. C. (1996). On an apparently simple modelling problem in biology. *International Journal of Science Education*, 18(1), 55-64. <https://doi.org/10.1080/0950069960180105>



- Phet Interactive Simulations (2022a) Energía en la pista de patinaje [sitio Web] Recuperado 24 de mayo de 2022, de [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_es.html).
- Phet Interactive Simulations (2022b) Formas y Cambios de Energía [sitio Web] Recuperado 24 de mayo de 2022, de [https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_es.html).
- Schwarz, C. V., & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, 23(2), 165-205. <https://doi.org/10.1207/s1532690xci2302>
- Sensociencia (s. f.). *Agua/Aceite – ¿Cómo va a cambiar la temperatura del agua y del aceite?* [sitio Web] *Sensociencia.com*. Recuperado 12 de junio de 2022, de <http://www2.ual.es/sensociencia/sensopildoras/agua-aceite/>
- Smil, V. (2004). World history and energy. *Encyclopedia of energy*, 6, 549-561.
- Solbes, J. y Martín, J. (1991). Análisis de la introducción del concepto de campo. *Revista Española de Física*, 5(3), pp. 34-39.
- Solbes, J. y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: un principio de toda la física. Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(2), pp. 185-194.
- The Association For Science. (2021). *Enseñanza de Física Secundaria 3ª Edición* (3.ª ed.). Hodder Education.
- Turk, C., & Kalkan, H. (2017). Modellerle astronomi öğretiminin öğrencilerin başarılarına ve tutumlarına etkisi [The effect of teaching astronomy with models on students' achievements and attitudes]. *Journal of Current Researches on Educational Studies*, 7(2), 185-204.





- g) Fuerza y energía son lo mismo
- h) Una cerilla presenta más energía después de ser quemada que antes
- i) Cuando uso energía para hacer algo desaparece

4. Explica por qué sucede en la siguiente situación:

Si tiro una pelota al suelo, esta rebota varias veces y en cada bote la altura que alcanza es menor que en el bote anterior como se muestra en la imagen. ¿Por qué crees que sucede esto?



## ANEXO II. Ficha para la simulación



### Energía en la pista de patinaje (phet)

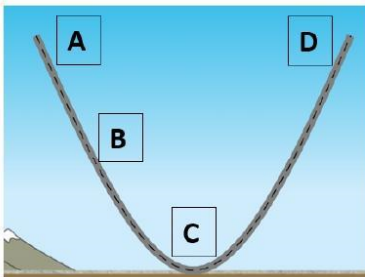
Para esta actividad utilizaremos el siguiente simulador:

[https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park\\_es.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-skate-park/latest/energy-skate-park_es.html)

Escoge la opción "Intro" y activa las opciones "energías" (panel izquierdo), "rapidez" (panel derecho) y "cuadrícula" (panel inferior).

Observa el comportamiento de la patinadora y completa el siguiente cuadro:

Descripción del fenómeno	
Explicación de fuerzas	
Análisis basado en energía	



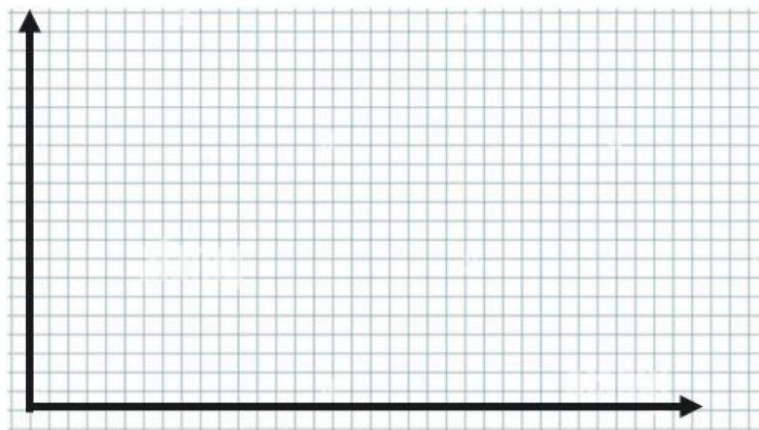
Anota los valores de velocidad y altura cuando la patinadora pasa por los puntos A, B y C en la siguiente tabla. A partir de estos valores calcula la energía cinética, la potencial y la mecánica:

	A	B	C	D
Masa (m)				
Altura (h)				
Velocidad (v)				
$E_c = \frac{1}{2} m v^2$				
$E_p = m g h$				
$E_m = E_c + E_p$				

¿Se cumple el principio de conservación de la energía? Justifica tu respuesta.



Realiza el diagrama de energías para los momentos A, B y C:



Si aumentas la masa de la patinadora, ¿cómo afecta a su energía? ¿y a su velocidad?

Ahora pon algo de "Fricción" (panel derecho) y deja caer la patinadora desde lo alto de la rampa. ¿Qué diferencia percibes? ¿A qué se debe?

¿Se cumple el principio de conservación de la energía? Justifica tu respuesta.

Si aumentas la fricción, ¿Qué sucede?

### ANEXO III. Test de repaso realizado en Plataforma Educamos

1. La energía potencial, respecto al suelo, de un niño de 50 kg sentado en lo alto de un tobogán acuático es de 1470 J. ¿A qué altura del suelo se encuentra el niño?  
a. 8,36 kJ      b. 836 J      c. 478,87 J      d. Ninguna es correcta
2. La acetona es un disolvente utilizado en manicura. Su punto de ebullición es 329.4 K. Al expresar este valor en °F se obtiene:  
a. 56,3°F      b. 133,5°F      c. 602,6°F      d. 1117°C
3. ¿Cuál es el valor en unidades del S.I. de la energía cinética de una paloma de 1.25 kg de masa que vuela a una velocidad de 36 km/h?  
a. 31,2 J      b. 62,5 J      c. 125 J      d. 810 J
4. Al transformar  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  en °F y K se obtiene:  
a.  $-4^{\circ}\text{F}$  | 253 K      b.  $68^{\circ}\text{F}$  | 253 K      c.  $4^{\circ}\text{F}$  | 293 K      d.  $-68^{\circ}\text{F}$  | 293 K
5. Una motocicleta de 100 kg se mueve a 108 km/h. Su energía cinética en kJ es:  
a. 1,5 kJ      b. 30 kJ      c. 45 kJ      d. 90 kJ
6. Las propiedades de la energía son:  
a. Se transforma, se transfiere, se almacena.  
b. Se transporta y se transfiere pero no se almacena  
c. Se almacena y se transportan pero no se conserva  
d. Se mide en calorías en el Si
7. Una tortuga de 200 g de masa se mueve a una velocidad de 2 m/s. ¿Qué tipo de energía lleva asociada?  
a. Energía química      b. Energía cinética  
c. Energía potencial gravitatoria      d. Energía potencial elástica
8. Si "Flash" va corriendo a una elevada velocidad y de repente salta hacia arriba...  
a. Al saltar toda la energía mecánica se transforma en energía química  
b. Al saltar toda la energía cinética se transforma en potencial  
c. Al saltar toda la energía potencial se transforma en cinética  
d. Al saltar toda la energía se transforma en cinética.
9. Un cuerpo tiene energía mecánica. ¿Está en movimiento?  
a. Sí, siempre  
b. No, es imposible que un cuerpo esté en movimiento si tiene energía mecánica  
c. No necesariamente. Podría tener solo energía potencial  
d. Ninguna de las anteriores es correcta
10. Una maceta de 500 g está en un balcón a 10 m de altura respecto del suelo. ¿Qué tipo de energía tiene y cuánto vale?  
a. Energía cinética: 25 J      c. Energía potencial: 49 J  
b. Energía cinética 490 J      d. Energía potencial 49000 J
11. Un halcón de 1 kg de masa vuela a una velocidad de 100 m/s a una altura de 1500 m del suelo. ¿Qué energía lleva y cuánto vale?  
a. Energía cinética: 50000 J      c. Energía mecánica: 19700 J  
b. Energía potencial: 14700 J      d. Energía mecánica: 19700 cal
12. Sabiendo que una caloría equivale a 4,18 J, transforma 2000 calorías en julios.  
a. 8,36 J      b. 836 J      c. 378,5 J      d. Ninguna es correcta
13. En Física, el trabajo se realiza cuando...

- a. En física el trabajo no existe.
  - b. Existe una fuerza que produce un desplazamiento.
  - c. Una fuerza evita que un objeto se mueva.
  - d. Sin la presencia de ninguna fuerza un objeto se desplaza.
14. Un arco que está tensado tendrá energía...
- a. Nuclear
  - b. Potencial gravitatoria
  - c. Potencial elástica
  - d. Química
15. Si dejamos caer una pelota desde cierta altura, botará hasta que se pare. ¿Cuál es la causa de que se pare?
- a. La energía se disipa por el rozamiento
  - b. La energía se transforma en energía química
  - c. La energía de la pelota desaparece
  - d. La fuerza de la gravedad cada vez es menor
16. La transferencia de energía desde un cuerpo que se encuentra a mayor temperatura hasta otro de menor temperatura se conoce como:
- a. Calor
  - b. Termómetro
  - c. Temperatura
  - d. Temperatura absoluta
17. La escala termométrica que tiene 180 unidades entre el punto de fusión del agua y el punto de ebullición es:
- a. Kelvin
  - b. Celsius
  - c. Fahrenheit
  - d. Escala absoluta
18. El principio de conservación de la energía dice:
- a. La energía cinética de un cuerpo permanece siempre constante
  - b. La energía se conserva siempre y cuando no exista fuerza de rozamiento
  - c. La energía potencial de un cuerpo permanece siempre constante
  - d. La energía ni se crea ni se transforma, únicamente se transforma de unas formas en otras
19. Al ejercerse una fuerza de 5 N actúa sobre un cuerpo se realiza un trabajo de 20 J. ¿Qué desplazamiento experimenta el cuerpo?
- a. 400 m
  - b. 100 cm
  - c. 0,25 m
  - d. 100 m
20. Un cuerpo es desplazado una distancia de 10 m bajo la acción de una fuerza, realizando un trabajo de 5 J. ¿Cuál es el valor de la fuerza?
- a. 0,5 N
  - b. 2 J
  - c. 50 N
  - d. 50 J

## ANEXO IV. Examen



EXAMEN   Tema 8: Energía			
<b>Nombre:</b>		<b>Clase:</b>	

- Realiza los siguientes cambios de unidades: **(1 punto)**
  - 4,18 kJ a cal
  - 200 cal a J
  - 12 kcal a J
  - 836 J a cal
- Define los siguientes términos **(1 punto)**:
  - Energía.
  - Cita 3 tipos de energía e indica un ejemplo de cada uno de ellos.
- Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F). Si son falsas, justifica tu respuesta. **(1 punto)**
  - La energía potencial es la suma de la energía cinética y mecánica.
  - Una persona que empuja un coche de 1000 kg durante 5 segundos con una fuerza de 2000 N y no consigue moverlo está realizando un trabajo de 10000 J.
  - La unidad del Sistema Internacional del trabajo y el calor es el julio (J).





d. La temperatura mínima alcanzable es de 0 grados Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ).

4. La siguiente tabla muestra las temperaturas de diferentes ciudades. Ordénalas de menor a mayor temperatura. **(1 punto)**

Nueva York <b>97<math>^{\circ}\text{F}</math></b>	Madrid <b>34<math>^{\circ}\text{C}</math></b>	Pamplona <b>313 K</b>
--	--	--------------------------

5. Un burro tira con una fuerza de 500 N de un carro de 200 kg y consigue arrastrarlo 400 m:

a. Calcula el trabajo realizado. **(0,75 puntos)**

b. Si realizando la misma fuerza de 500 N realiza un trabajo de 5000 J, calcula cuantos metros se ha desplazado el carro. **(0,75 puntos)**

6. Un ciclista de 90 kg de masa se mueve a una velocidad de 10 m/s. Calcula su energía cinética. **(1 punto)**

Cambios en la comprensión del concepto energía del alumnado de 2º ESO mediante aprendizaje basado en modelización



7. Un balón de 400 g de masa se deja caer desde la ventana del aula de 2º de la ESO, la cual se encuentra a 8 metros de altura sobre el suelo.

a. Completa la siguiente tabla. **(0,5 puntos)**

Descripción del <b>fenómeno</b>	
Explicación de <b>fuerzas</b>	
Análisis basado en <b>energía</b>	

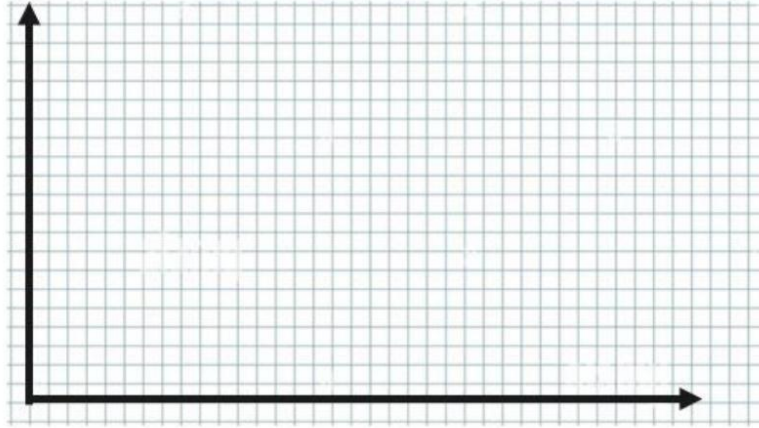
b. Calcula la energía mecánica inicial. **(0,5 puntos)**

c. Calcula las energías cinética y potencial a 4 metros de altura. **(0,5 puntos)**

d. Calcula la velocidad con la que impactará contra el suelo. **(0,5 puntos)**



e. Realiza el diagrama de energías cuando se encuentra a 8 m de altura, a 4 m y justo antes de impactar contra el suelo. (0,5 puntos)



8. En la siguiente gráfica se muestra el diagramas de energía de una piedra lanzada verticalmente hacia arriba. Calcula su rendimiento (1 punto).

