

MODELOS DE RAZONAMIENTOS REALIZADOS CON MAPAS CONCEPTUALES (MAPAS DE EXPERTO) EFECTUADOS CON CMAPTOOLS. EJEMPLO DE CINEMÁTICA

Ángel Luis Pérez, Guadalupe Martínez, M^a Isabel Suero & Pedro J. Pardo, Universidad de Extremadura, España
Email: mmarbor@unex.es, <http://grupoorion.unex.es>

Abstract. El presente estudio tiene como objetivo la elaboración de Modelos de Razonamientos a partir de mapas conceptuales realizados con el programa CmapTools en los que se captura la forma de razonar del profesor experto. La experiencia se ha llevado a cabo durante el curso académico 2011/12 en la Facultad de Ciencias en la Universidad de Extremadura (España). El trabajo se ha concretado en el desarrollo, utilización y validación de un Modelo de Razonamiento para la resolución de problemas cinemáticos en un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Estos Modelos de Razonamiento están constituidos por todos los tipos de contenidos que forman parte del proceso de aprendizaje, es decir, conceptos, procedimientos y razonamientos principalmente, por lo que hemos adoptado para ellos la terminología de Mapas de Experto para poner de manifiesto que son estos los que los elaboran. Para la validación de dichos Modelos de Razonamientos se han utilizado como instrumentos de evaluación unos cuestionarios compuestos por preguntas que engloban diferentes tipos de problemas de cinemática, para comprobar si el alumno es capaz de razonar correctamente la resolución de cualquier problema referido al movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que, la realización y utilización de este tipo de pseudomapas conceptuales suponen una gran ayuda para “Enseñar a Pensar” a nuestros alumnos, lo que evidencia el gran interés que presenta la elaboración de los mismos, concretamente en las asignaturas de Física.

1 Introducción

Entre la multitud de utilidades que tienen los mapas conceptuales Novak & Gowin (1984) destacan su utilización para capturar el conocimiento de un experto en el tema en cuestión y elaborar de esa manera un modelo de conocimiento que puede ser ofrecido a otras personas menos expertas como ejemplo de una propuesta de seleccionar, jerarquizar, relacionar y estructurar los conceptos y las relaciones entre los mismos que componen dicho conocimiento. La elaboración del conocimiento es una tarea personal que cada cual debe llevar a cabo por sí mismo, pero que puede ser ayudada por otras personas mediante propuestas de relaciones entre conceptos que cada individuo tendrá a bien asumir o no en función de su propia estructura cognitiva y de su compatibilidad con la nueva propuesta que se le hace. En este sentido son muchos los trabajos que han visto la luz recientemente y cada vez son más los investigadores que dedican esfuerzo a la creación de modelos de conocimientos (Cañas et al., 2000; Nesbit & Olusola, 2006; Novak, 1998; Martínez, Pérez, Suero & Pardo, 2010; 2012).

Pero los contenidos de aprendizajes no son solo de tipo conceptuales, hechos, conceptos y principios con nuestra propuesta de incluir los fenómenos como un nuevo tipo de contenido de aprendizaje de tipo conceptual (Pérez, Suero, Montanero & Montanero, 1998 [I]), sino que además de los mismos existen los contenidos de tipo procedimentales y los de tipo actitudinales. La pregunta que nos planteamos es, ¿pueden ser utilizados los mapas conceptuales para trabajar con contenidos de tipo procedimentales de la misma manera que son ampliamente utilizados para trabajar con los conceptos? La respuesta a dicha pregunta creemos que depende de la respuesta a esta otra más operativa, ¿tienen los procedimientos una estructura que permita ser representada mediante mapas conceptuales?

La primera reflexión es que si se pudieran hacer estos “mapas de procedimientos” ya sería inadecuado seguir llamándolos mapas conceptuales. Puesto que ya no son solo conceptos los que aparezcan en el mismo, habría que buscarles un nombre más adecuado.

Otra cuestión inmediata que se plantea es la siguiente, ¿podrían hacerse también mapas de contenidos actitudinales (actitudes, valores y normas)?, cuya respuesta comenzaría por analizar esta otra pregunta, ¿tienen los contenidos actitudinales una estructura que permita su representación mediante pseudomapas conceptuales? Todas estas preguntas nos llevan a una situación de aprendizaje (no olvidemos que todo aprendizaje no es más que la búsqueda de nuestra respuesta personal a una pregunta, que sin pregunta no puede haber verdadero aprendizaje) siendo éste el objetivo del trabajo que se presenta en esta comunicación.

Dejaremos para otra ocasión el estudio de la respuesta a la última pregunta formulada. Solamente apuntar que efectivamente, todo parece indicar que tanto las actitudes como los valores y las normas parecerían tener una estructura, ciertas actitudes (o valores o normas) serán consideradas como procedentes en un contexto donde sean consideradas procedentes otras series de actitudes (o valores, o normas) y serían improcedentes en otros contextos donde éstas otras actitudes (o valores, o normas) no fueran aceptadas. Hasta el mundo de la

afectividad (tan importante en los procesos de enseñanza-aprendizaje) parece tener estructura. Ya lo dice el refrán: “los amigos de mis amigos son mis amigos”; es frecuente que instintivamente “sintamos” un afecto positivo o negativo hacia una persona que acabamos de conocer como consecuencia de “extrapolar” otros afectos en función de una serie de parámetros., lo que vendría a poner en evidencia una especie de “estructura afectiva”. Pero, como decimos, dejemos este tema para otra ocasión.

Con respecto a la respuesta a la pregunta, ¿pueden ser utilizados los mapas conceptuales para trabajar con contenidos de tipo procedimentales de la misma manera que son ampliamente utilizados para trabajar con los conceptos? En la comunicación presentada a este mismo congreso titulada: “Los Mapas Conceptuales para la creación de Modelos de Procedimientos. Concreción a una Práctica de Laboratorio de Óptica” nos ocupamos ampliamente de ella y a dicha comunicación remitimos al lector.

En esta comunicación queremos dar un paso más que consideramos crucial, ¿y los razonamientos?, ¿podrían crearse “mapas de razonamientos” a modo de pseudomapas conceptuales? ¿podrían capturarse el razonamiento de experto y representarlo mediante un pseudomapa conceptual? ¿podrían crearse modelos de razonamiento para ser ofrecidos como ejemplo a otras personas menos expertas en el tema? La realización y utilización de este tipo de mapa supondría una gran ayuda para “Enseñar a Pensar”, lo que evidencia el enorme interés que puede tener la elaboración de los mismos. Estos Modelos de Razonamiento contendrían todo tipo de contenidos de aprendizaje (conceptos, procedimientos y razonamientos principalmente) por lo que deberemos buscar otro nombre para referirnos a ellos. Ya que son realizados por expertos en el tema en cuestión, nuestra propuesta es llamarlos MAPAS DE EXPERTO como ya hemos hecho con anterioridad (Pérez, Suero, Montanero & Montanero, 1998 [II]). Es decir, un Mapa de Experto es una especie de mapa conceptual en el que, además de los conceptos, tiene cabida todo tipo de contenido de aprendizaje y que es realizado por un experto en el tema en cuestión, en el que se captura su conocimiento (no solo conceptual, sino también procedimental y de razonamiento) y con el que se origina un modelo de conocimiento (no solo conceptual, sino también procedimental y de razonamiento) que es ofrecido como ejemplo a personas menos experta en el tema en cuestión.

2 Antecedentes: Los Mapas de Experto Tridimensionales

Durante el desarrollo del proyecto de investigación educativa “Propuesta de un método de secuenciación de contenidos basado en la teoría de la elaboración de Reigeluth y Stein. Aplicación a contenidos de Física de diferentes niveles del Sistema Educativo”, llevado a cabo por nuestro grupo de trabajo entre 1996 y 1998 y que fue reconocido con el 2º premio de investigación educativa 1998 por el Ministerio de Educación y Ciencia del estado español, nuestro grupo de trabajo introdujo el concepto de Mapa de Experto Tridimensional. Así, para operativizar la aplicación a la enseñanza de la teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein, en la memoria de dicho proyecto decíamos:

La herramienta fundamental que proponemos para operativizar todo este diseño didáctico, está constituida por lo que hemos denominado mapas de experto tridimensionales. El mapa conceptual, como instrumento de análisis de la estructura lógica (Novak, Gowin & Johansen, 1983), tan sólo permitía representar un contenido en función de una dimensión vertical, correspondiente a las relaciones de pertenencia semántica entre cada concepto y otros más generales a los que se subordina, y otra horizontal, donde se visualizan aquellos que se relacionan en un mismo nivel jerárquico (Cañas et al., 2003). El mapa tridimensional, por el contrario, es un instrumento didáctico que no se constriñe a un solo tipo de contenidos y que además facilita la representación en un tercer vector de “profundidad” en el que se representan los diferentes niveles de elaboración que podemos establecer en la secuencia instruccional. Para ello, utilizamos dos tipos de enlaces: en primer lugar, las tradicionales líneas (etiquetadas proposicionalmente) que unen los diferentes contenidos entre sí (enmarcados generalmente en rectángulos o elipses) y que son el soporte de la dimensión vertical y horizontal, antes mencionada; y, en segundo lugar, algunos de esos mismos contenidos (cuyos marcos aparecen sombreados), que se convierten en un enlace de “profundidad” que conecta con otros mapas.

El mapa tridimensional es en realidad un “hipermapa” que permite al usuario simular y recorrer libremente los caminos de subordinación y supraordinación a lo largo de un sistema conceptual jerarquizado. Por ello, su utilidad didáctica está claramente ligada a un soporte informático. En nuestro caso, hemos utilizado el programa Mac Flow (versión 3.7.4.), para Macintosh y el FlowCharter (versión 6.0) para los ordenadores PC compatibles.

La innovación didáctica del mapa tridimensional reside en definitiva en su doble capacidad de integración. Por un lado, permite jerarquizar varios mapas en niveles sucesivos de complejidad, integrando, como hemos explicado, las dos vías, ascendente y descendente, en una sola secuenciación en “espiral”. Por otro lado, esta

versatilidad le convierte en el “mapa de experto” por antonomasia, dado que facilita la integración en un mismo soporte de diferentes herramientas que vamos a necesitar para representar los contenidos del epítome y de la secuencia elaborativa en general; es decir, mapas conceptuales, mapas de principios y, sobre todo, los mapas de fenómenos. En definitiva, los mapas tridimensionales constituyen el recurso fundamental a la hora de aplicar la teoría de la elaboración al diseño de secuencias instruccionales, no sólo de la Física, sino probablemente en otros ámbitos de la enseñanza de la Ciencia en la Educación Secundaria.

Para llegar al concepto de Mapa de Experto Tridimensional, en primer lugar se construyeron Mapas Conceptuales Tridimensionales, que suponían una ampliación de los conocidos mapas conceptuales a un espacio informático de 3 dimensiones. Una vez trabajando con estos Mapas Conceptuales Tridimensionales se observó la posibilidad de que en estos Mapas Tridimensionales pudieran incluirse, además de los de conceptos, otros tipos de contenidos de aprendizaje (procedimientos, principios, fenómenos, etc.). Como estos mapas son conocidos como mapas de experto, de ahí el nombre final de Mapas de Experto Tridimensionales.

Estos Mapas pueden bajarse de nuestra página web: <http://grupoorion.unex.es> (siguiendo el enlace: Materiales para el Aula/Mapas de Experto Tridimensionales). La descarga se realiza en 2 partes: la “Introducción”, un texto de 80 páginas (2 MB) con el fundamento teórico del proyecto y la “Aplicación”, un archivo zip de 8 MB con el que se instala en su ordenador una versión de libre distribución de la aplicación informática utilizada y los 4 mapas de Expertos realizados por nosotros, pudiendo de esta manera ser utilizados desde el propio ordenador del usuario. De 2 de estos Mapas de Experto (los de Electricidad y Óptica) se ha elaborado una versión en CmapTools que se encuentra alojada en nuestro Sitio Cmap “Universidad de Extremadura(España)” (Pérez, Suero, Pardo & Montanero, 2004).

3 Los mapas conceptuales: Hacia los Mapas de Experto

En el trabajo que se presenta en esta ocasión, proponemos “recuperar” la denominación de Mapas de Experto para referirnos a este tipo de mapas con los que se crean modelos de conocimientos (de todo tipo de conocimientos, no solo conceptuales) mediante la captura del conocimiento creado a través de mucho tiempo y mediante muchas horas de reflexión en la estructura cognitiva de un experto en el tema en cuestión. En la figura 1 se muestra un mapa conceptual sobre los Mapas de Experto como integración de Modelos de Conocimiento, Modelos de Procedimientos y Modelos de Razonamiento.

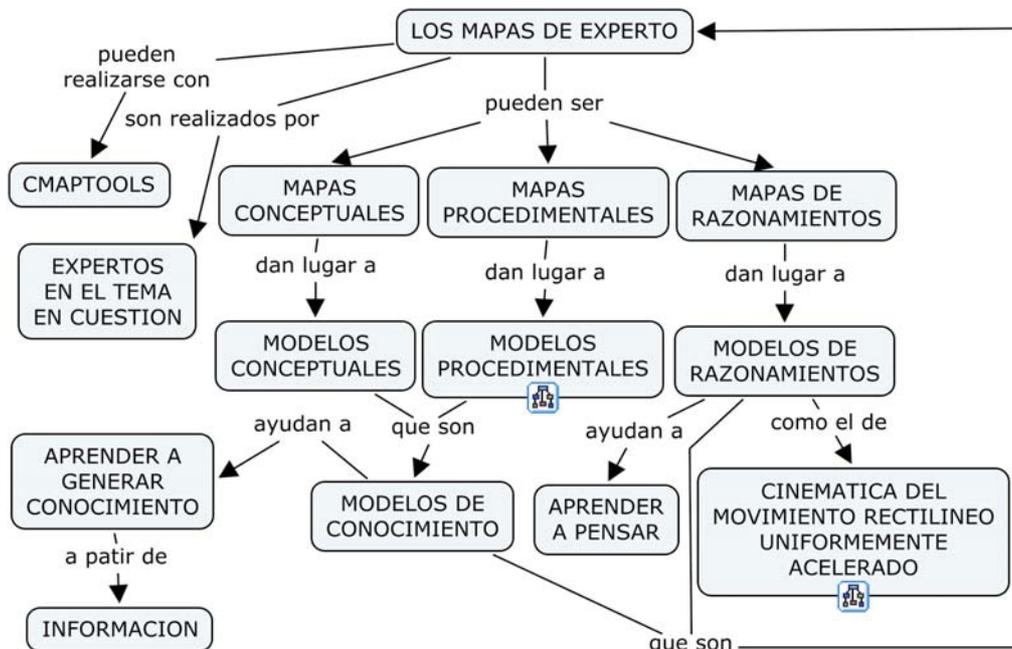


Figura 1. Mapa conceptual sobre los Mapas de Experto como integración de Modelos de Conocimiento, Modelos de Procedimientos y Modelos de Razonamiento.

4 Ejemplo de Modelo de Razonamiento. Resolución de problemas cinemáticos de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado

Como ejemplo de un mapa de experto hemos creado un Modelo de Razonamiento en el que se captura la forma de razonar de un profesor experto en resolver problemas de cinemática de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. En la figura 2 se muestra dicho Modelo de Razonamiento realizado con el programa CmapTools.

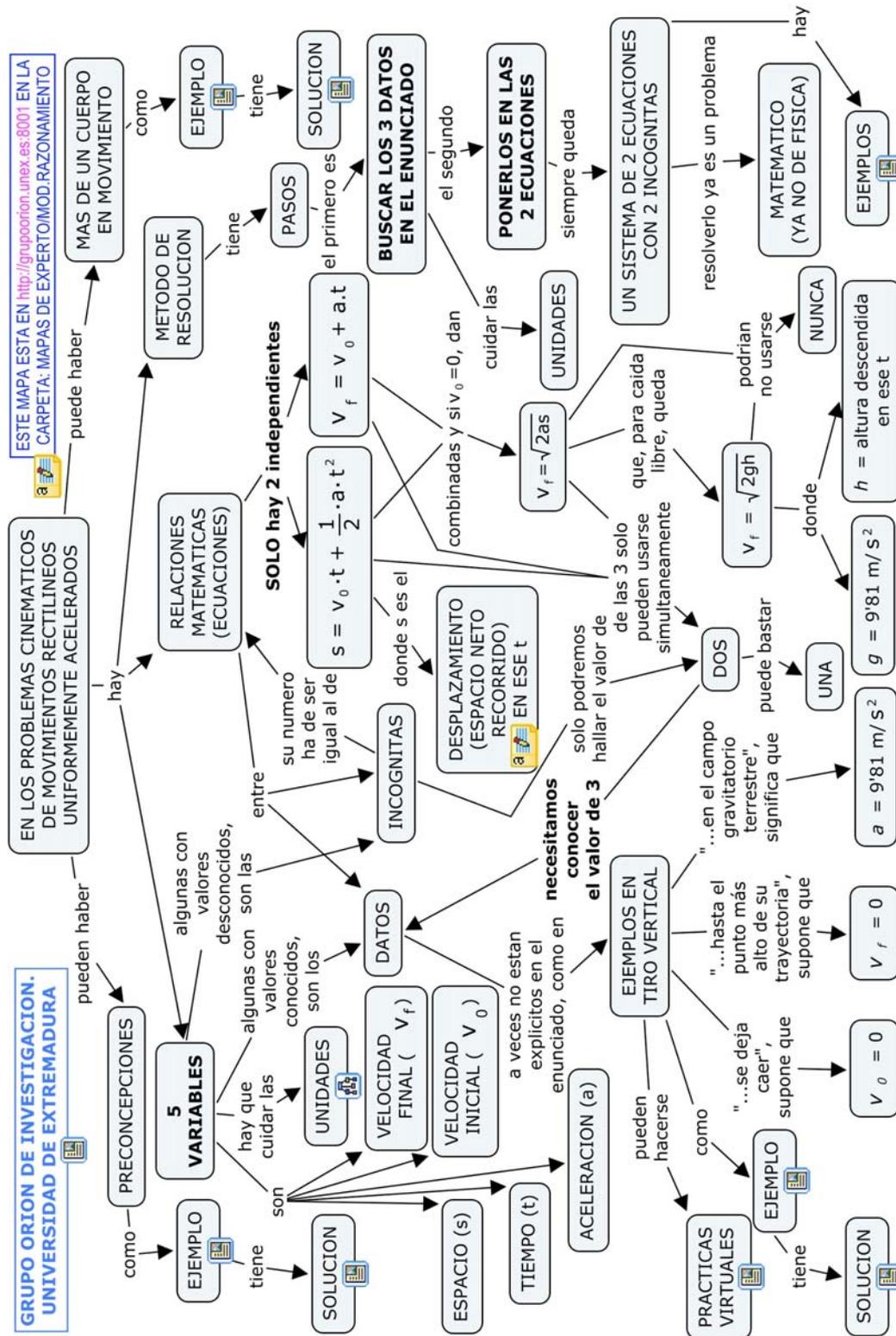


Figura 2. Modelo de Razonamiento en el que se captura la forma de razonar de un profesor experto en resolver problemas de cinemática de un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado.

Como puede apreciarse en este mapa de razonamiento de la figura 2, después de muchos problemas resueltos sobre el tema, el experto construye una forma de razonar para resolver este tipo de problemas que puede generalizarse para la resolución de TODOS los problemas de este tipo. En dicho mapa hay zonas de tipo conceptuales y zonas de tipo procedimentales y se incluyen ejemplos que clarifican los razonamientos propuestos en el mismo. En la figura 3 se muestra un mapa conceptual sobre las unidades de medida de las magnitudes físicas, complementario al Modelo de Razonamiento para la resolución de problemas cinemáticos, cuyo hipervínculo está incluido en el Modelo de Razonamiento de la figura 2.

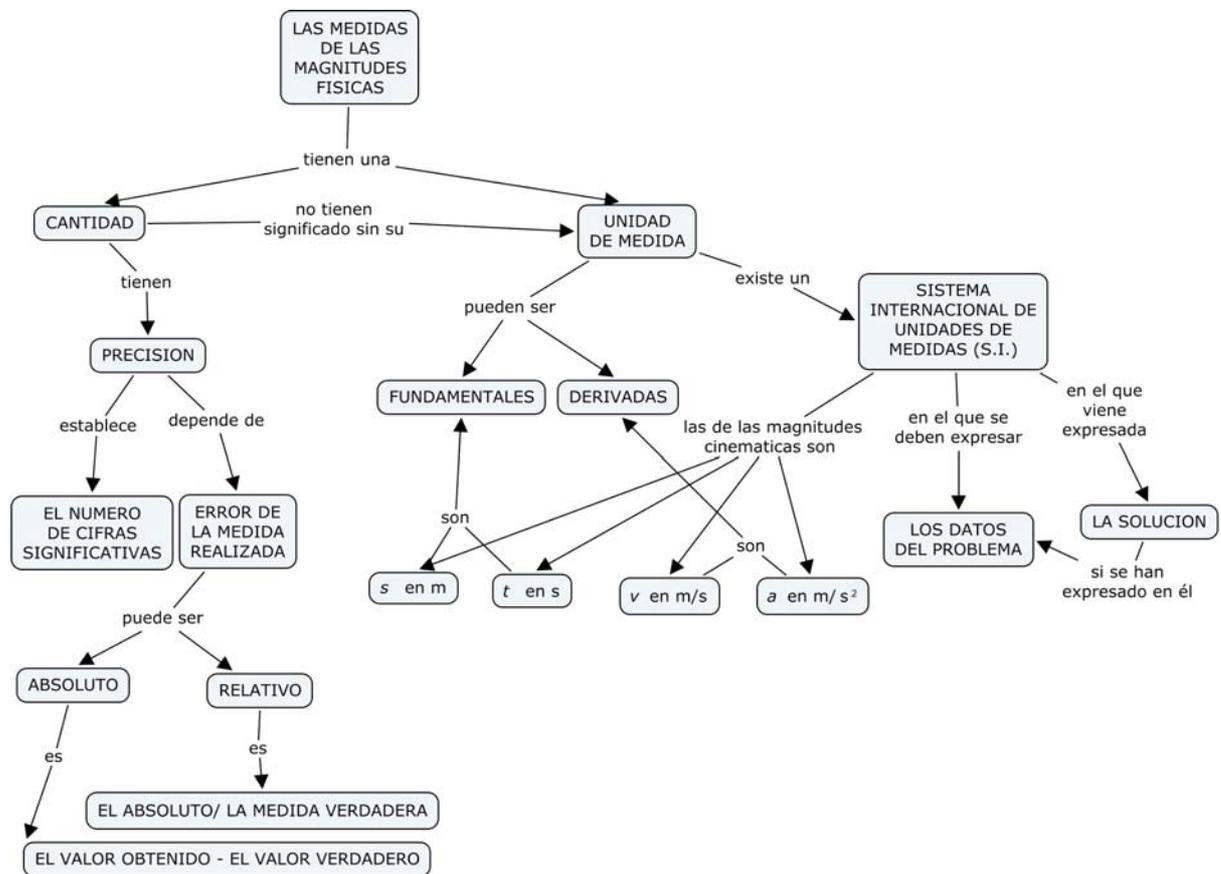


Figura 3. Mapa Conceptual de las medidas de las magnitudes físicas complementario al Modelo de Razonamiento para la resolución de problemas cinemáticos.

5 Evaluación de la experiencia

Para llevar a cabo la validación de la eficacia didáctica de los Modelos de Razonamiento desarrollados, se ha seguido un diseño cuasi-experimental con post-test y grupo de control. Se ha considerado como variable independiente la metodología didáctica empleada en el proceso de aprendizaje de los alumnos, es decir, utilizar los Modelos de Razonamiento para el estudio de la cinemática del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (metodología didáctica del grupo experimental) o utilizar una metodología didáctica tradicional (metodología didáctica del grupo de control). La variable dependiente ha sido la cantidad de aprendizaje conseguida por los alumnos. La investigación se ha llevado a cabo con los datos recopilados de nuestros alumnos de la Universidad de Extremadura. En concreto, con 23 alumnos en cada grupo de diversos Másteres de postgrado. El instrumento de evaluación que se ha diseñado ha sido igual para todos los alumnos de los dos grupos de trabajo, con el fin de poder realizar posteriormente un análisis comparativo entre ellos. Concretamente, se ha elaborado un cuestionario formado por 10 problemas tipo sobre cinemática. En la figura 4 se muestra el cuestionario utilizado como instrumento de evaluación, y en la figura 5 las soluciones al cuestionario de evaluación, siguiendo el Modelo de Razonamiento.



CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN



PROBLEMAS DE CINEMÁTICA DEL MOVIMIENTO RECTILÍNEO UNIFORMEMENTE ACELERADO

ENUNCIADOS:

- 1) Un automóvil que va a una cierta velocidad frena y se detiene en 100 m. Si la duración de la frenada ha sido de 10 s ¿Cuál ha sido el valor de dicha aceleración?
- 2) Se lanza un objeto verticalmente hacia arriba y alcanza 5 m de altura, ¿con qué velocidad se hizo el lanzamiento?
- 3) Un coche que va a 10 m/s frena y se detiene en 20 m, ¿Cuál ha sido la aceleración de la frenada?
- 4) Se lanza verticalmente hacia arriba un objeto con una velocidad de 5 m/s, ¿Cuál es su velocidad cuando ha ascendido 6,25 m?
- 5) Un móvil que va a 10 m/s frena durante 5 s y recorre 100 m durante la frenada, ¿Cuál es la velocidad al final de la misma?
- 6) Un coche que va a una cierta velocidad frena durante 10 s con una aceleración de -2 m/s^2 y recorre 150 m durante dicha frenada, ¿Cuál es su nueva velocidad?
- 7) Un coche frena y se detiene en 10 s. Si la longitud de la frenada ha sido de 50 m, ¿Cuál era su velocidad cuando comenzó la misma?
- 8) ¿Cuánto tiempo tarda un cuerpo lanzado verticalmente hacia arriba en alcanzar su altura máxima de 20 m?
- 9) Un automóvil que va a 20 m/s frena y se detiene en 200 m, ¿Cuál ha sido su aceleración?
- 10) ¿Qué velocidad lleva inicialmente un objeto alzado verticalmente hacia arriba que recorre 1 m en 1 s?

Nota: En todos los enunciados se supone que las aceleraciones son constantes. Para simplificar los cálculos considerar la $g = 10 \text{ m/s}^2$.

Figura 4. Cuestionario utilizado como instrumento de evaluación



CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN SOLUCIONES



Enunciado	Los 3 datos son	Las 2 ecuaciones quedan	Solución
1	$e = 100 \text{ m}; t = 10 \text{ s}; v_f = 0$	$100 = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$; $0 = v_0 + a t$	$a = -2 \text{ m/s}^2$
2	$e = 5 \text{ m} ; v_f = 0 ; a = -10 \text{ m/s}^2$	$5 = v_0 t + \frac{1}{2} (-10) t^2$; $0 = v_0 - 10 t$	$v_0 = 10 \text{ m/s}$
3	$e = 20 \text{ m} ; v_0 = 10 \text{ m/s} ; v_f = 0$	$20 = 10 t + \frac{1}{2} a t^2$; $0 = 10 + a t$	$a = 2.5 \text{ m/s}^2$
4	$e = 6,25 \text{ m}; v_0 = 5 \text{ m/s}, a = -10 \text{ m/s}^2$	$6,25 = 5 t - \frac{1}{2} 10 t^2$; $v_f = 5 + 10 t$	$v_f = 10 \text{ m/s}$
5	$e = 100 \text{ m} ; v_0 = 10 \text{ m/s}; t = 5 \text{ s}$	$100 = 10 \cdot 5 + \frac{1}{2} a 5^2$; $v_f = 10 + a 5$	$v_f = 30 \text{ m/s}$
6	$e = 150 \text{ m}; a = -2 \text{ m/s}^2; t = 10$	$150 = v_0 10 + \frac{1}{2} (-2) 10^2$; $v_f = v_0 - 2 \cdot 10$	$v_f = 5 \text{ m/s}$
7	$e = 50 \text{ m}; v_f = 0 ; t = 10 \text{ s}$	$50 = v_0 10 + \frac{1}{2} a 10^2$; $0 = v_0 + a 10$	$v_0 = 10 \text{ m/s}$
8	$e = 20 \text{ m} ; v_f = 0 ; a = -10 \text{ m/s}^2$	$20 = v_0 t + \frac{1}{2} (-10) t^2$; $0 = v_0 - 10 t$	$t = 2 \text{ s}$
9	$e = 200 \text{ m} ; v_0 = 20 \text{ m/s} ; v_f = 0$	$200 = 20 t + \frac{1}{2} a t^2$; $0 = 20 + a t$	$a = -1 \text{ m/s}^2$
10	$e = 1 \text{ m} ; a = -10 \text{ m/s}^2 ; t = 1 \text{ s}$	$1 = v_0 1 + \frac{1}{2} (-10) 1^2$; $v_f = v_0 - 10 \cdot 1$	$v_0 = 6 \text{ m/s}$

Figura 5. Soluciones al cuestionario de evaluación utilizado siguiendo el Modelo de Razonamiento

Con los datos obtenidos en el cuestionario de evaluación, se ha comparado el porcentaje de aciertos de los alumnos que formaron el grupo de control frente al de los alumnos que constituyeron el grupo experimental. En la tabla 1 se muestra el promedio de aciertos, la desviación típica y el error típico de la media obtenida en cada uno de los grupos, y en la figura 6 se representan los histogramas del porcentaje de las calificaciones obtenidas y la curva gaussiana superpuesta para el grupo de control y el grupo experimental. Se puede observar que existe una diferencia entre los alumnos que utilizaron los Modelos de Razonamiento (grupo experimental) frente a los que no los utilizaron (grupo de control).

Grupos	N	Media	Desviación típica	Error típico de la media
Experimental	23	8,00	1,65	0,34
Control	23	6,44	2,31	0,48

Tabla 1: Análisis estadístico descriptivo de las calificaciones promedio obtenidas por cada grupo.

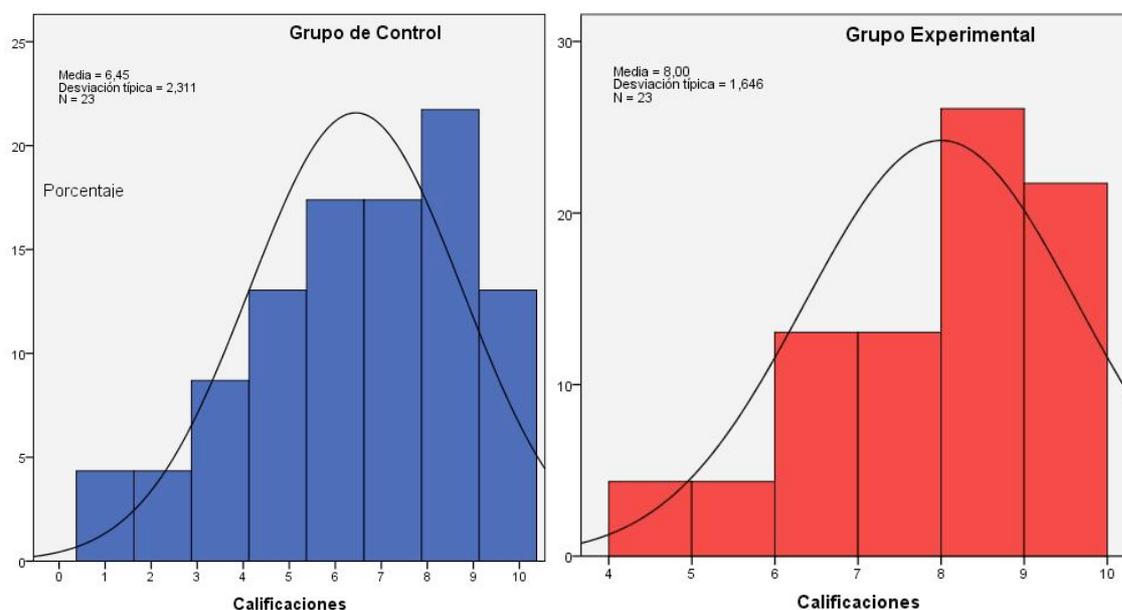


Figura 6. Histogramas del porcentaje de las calificaciones obtenidas y curva gaussiana superpuesta para el Grupo de Control (izquierda) y Grupo Experimental (derecha).

Para cuantificar cuál es la diferencia de puntuaciones entre ambos grupos, se ha realizado una prueba t de Student. El resultado obtenido en dicha prueba se muestra en la tabla 2. En primer lugar se ha comprobado la igualdad de varianzas mediante la prueba de Levene (Significatividad obtenida de $0,065 > 0,05$), lo que nos ha permitido aceptar la homogeneidad de varianzas. En la tabla 2, se observa que la diferencia de medias encontrada entre los grupos de control y experimental ha sido de 1,55 puntos con un error típico de 0,59 a favor del grupo experimental. La significación bilateral de la prueba t ha sido de $0,012 < 0,05$ (p-valor de referencia). Esto nos ha permitido afirmar que la diferencia encontrada entre ambos grupos es significativa. Concretamente, el grupo que utiliza los Modelos de Razonamiento, tiene un promedio de aciertos superior al grupo que no los utiliza.

Prueba de Levene		Prueba T para la igualdad de medias						
F	Sig.	t	g.l.	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
							Inferior	Superior
3,478	0,069	2,627	44	0,012	1,55	0,59	0,36	2,75

Tabla 2: Prueba t para la igualdad de medias

Este resultado nos permite afirmar que existen diferencias significativas entre el aprendizaje obtenido por los alumnos a favor de utilizar el Modelo de Razonamiento realizado por un experto. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto que, la realización y utilización de estos Mapas de Experto suponen una gran ayuda para “Enseñar a Pensar” a nuestros alumnos, lo que evidencia el gran interés que presenta la elaboración de los mismos. Siendo posiblemente en las asignaturas de ciencias y más concretamente en las de Física donde mayor interés pueden presentar.

6 Agradecimientos

Gracias al Gobierno de Extremadura por su ayuda GR10102, parcialmente financiada por FEDER.

7 Referencias

- Cañas, A. J., Ford, K. M., Coffey, J., Reichherzer, T., Carff, R., Shamma, D., & Breedy, M. (2000). Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento basados en Mapas Conceptuales. *Revista de Informática Educativa*, 13(2), 145-158.
- Cañas, A. J., Coffey, J. W., Carnot, M. J., Feltoovich, P., Hoffman, R. R., Feltoovich, J., et al., (2003). A summary of literature pertaining to the use of concept mapping techniques and technologies for education and performance support. Technical Report, Institute for Human and Machine Cognition.
- Martínez, G., Pérez, A.L., Suero, M.I. & Pardo, P.J. (2010). Comparación del incremento de aprendizaje obtenido al utilizar mapas conceptuales y CmapTools en el estudio de dos temas diferentes, pero de nivel de contenido conceptual equivalente. En J. Sánchez, A. J. Cañas, J. D. Novak (Eds), *Concept Maps: Making Learning Meaningful: Proc. of Fourth Int. Conference on Concept Mapping* (Vol. I). Viña del Mar, Chile: Universidad de Chile.
- Martínez, G., Pérez, A.L., Suero, M.I. & Pardo, P.J. (2012). ICTs and their applications in education. Chapter book: Methodologies, tools and new developments for e-learning (pp. 169-190). ISBN 978-953-51-0029-4. Ed. Intech. Croacia.
- Nesbit, J.C & Olusola O. (2006). Learning With Concept and Knowledge Maps: A Meta-Analysis. *Review of educational research*, 76, pp 413
- Novak, J.D.; Gowin, D.B. & Johansen, D. (1983) The Use of the Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Students. *Science Education*, 67 (5), pp. 625-645.
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pérez, A.L. Suero, M.I., Montanero, M & Montanero M. (1998) [I]. Mapas de experto tridimensionales. Aplicaciones al diseño de secuencias instruccionales de Física basadas en la Teoría de la Elaboración. Libro Premios Nacionales de investigación Educativa (ISBN 84-369-3287-0). Ed. CIDE del MEC (ESPAÑA). Páginas 45-53.
- Pérez, A.L. Suero, M.I., Montanero, M & Montanero M. (1998) [II]. Mapas de experto tridimensionales. Aplicaciones al diseño de secuencias instruccionales de Física basadas en la Teoría de la Elaboración. Libro Premios Nacionales de investigación Educativa (ISBN 84-369-3287-0). Ed. CIDE del MEC (ESPAÑA). Páginas 93-116.
- Pérez, A.L., Suero, M.I., Pardo, P.J., & Montanero, M. (2004). Aplicaciones de la teoría de Reigeluth y Stein a la Enseñanza de la Física. Una propuesta basada en la utilización del programa informático Cmaptools. En A. J. Cañas, J. D. Novak & F. M. González (Eds.), *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology. Proceedings of the First International Conference on Concept Mapping* (Vol. I). Pamplona, España: Universidad Pública de Navarra.