

UNIVERSIDAD DE LEÓN Y UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Centros participantes: Escuela Superior y Técnica de Ingeniería Agraria (ESyTIA.ULE). y Escuela Universitaria de Ingenierías Técnicas de Mieres

Título de la intervención.

“Diez años de evaluación de la enseñanza-aprendizaje de la Mecánica de Newton en España. Influencia de la experiencia de simulación de fenómenos mecánicos en el rendimiento académico y en la presencia de preconceptos”.

Miguel Celemín Matachana (Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)

Enrique Covián Regales (Dr. Ingeniero Agrónomo)

5. Resumen.

La Mecánica de Newton constituye la base de las ciencias de la ingeniería actual, constatándose preocupación por la enseñanza de la Mecánica y por la influencia de preconceptos en numerosas referencias científicas¹. Por “preconcepto” se entiende una idea basada en el razonamiento del sentido común y que se contrapone al razonamiento científico aunque sirve para dar una explicación a un fenómeno determinado.

La publicación del *Force Concept Inventory (FCI)* (Hestenes et al., 1992) ha proporcionado una herramienta que permite determinar el nivel de comprensión de la Mecánica de Newton y detectar la existencia de preconceptos². El *FCI* se aplicó ese mismo año en la ESyTIA.ULE y, desde entonces a la actualidad, se ha seguido haciendo en varios centros de distintas universidades españolas. En la investigación se introdujeron innovaciones en la aplicación del *FCI* tales como solicitar a los alumnos que justificaran la opción elegida en cada cuestión y hacer un recuento de los preconceptos incluidos en la taxonomía de Hestenes.

La investigación se considera dividida en dos etapas:1^a) Estudio del estado general de conocimientos de la Mecánica y de la presencia y persistencia de preconceptos, y

2^a) Diseño y aplicación de la experiencia de aprendizaje “Simulación informática de fenómenos mecánicos”³ (“SIFMM”), en la que se propone y evalúa un método

¹ Celemín, M. y Covián, E. (1999). *Misconceptions in Mechanics in first year engineering students* [en línea]. International Conference on Engineering Education, Ostrava-Praga (Rep. Checa).

<http://www.fs.vsb.cz/akce/1999/icee99/Proceedings/papers/212/212.htm> [Consulta: 18 de noviembre de 2005]

² Para más información pueden dirigirse al Dr. Celemín Matachana (miguel-celemín@unileon.es) o al Dr. Covián Regales (covianenrique@uniovi.es) o consultar la tesis doctoral de este último depositada en la *Universidad Politécnica de Madrid* (Biblioteca de la *E.T.S.I. Agrónomos*).

³ Celemín, M. y Covián, E. (2003). *A new environment for teaching and learning Mechanics for engineering students* [en línea]. International Conference on Engineering Education, Valencia, 21-25 de julio. Reproducido en las Actas de la International Conference on Engineering Education 2003.

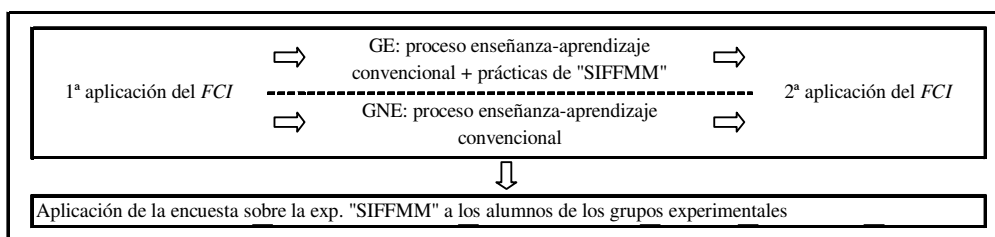
<http://www.etsid.upv.es/icee2003/> [Consulta: 18 de noviembre de 2005]

didáctico complementario a la enseñanza convencional. Esta fase fue una consecuencia directa de los resultados obtenidos durante la primera etapa.

En la investigación participaron más de 1.300 alumnos de diez escuelas de ingeniería (ee.ii.) del norte de España durante el periodo comprendido entre los cursos 1992-93 y 2000-01, y de más de 200 alumnos de dos ee.ii. y de un ies en el curso 2001-02 (en el que se realizó la experiencia docente).

La experiencia “SIFFMM” se desarrolló en sólo tres clases prácticas de una hora de duración (una de Estática, otra de Cinemática y la última de Dinámica). El diseño se hizo teniendo en cuenta las deficiencias detectadas mediante el *FCI*, especialmente la información obtenida del análisis de la justificación de la opción elegida para cada pregunta del test, así como de los preconceptos detectados. Por ello, se prestó especial atención a la elaboración de los diagramas vectoriales de fuerzas, aceleraciones y velocidades en la aplicación de las *leyes de Newton*. Así mismo se tuvo particular cuidado en la corrección de los preconceptos asociados a la *Tercera Ley de Newton*, dada la problemática detectada al respecto. Una vez elaborados los guiones de prácticas y las simulaciones se elaboró una encuesta para conocer la opinión de los alumnos sobre la experiencia.

La experiencia fue realizada para cada población participante de acuerdo con el esquema que se muestra a continuación:



(GE hace referencia a grupo experimental y GNE a grupo no experimental –referencia-).

La primera etapa de la investigación permitió constatar:

1º) Que los alumnos que acceden a las escuelas de ingeniería obtienen resultados discretos en el *FCI* y que, a pesar de la enseñanza impartida en ellas, no se consiguen mejoras relevantes.

2º) Que la consideración de la justificación de la opción elegida supone una significativa reducción en la *media del porcentaje de respuestas correctas* del test. Por tanto, se muestra como una alternativa a tener en cuenta para mejorar la fiabilidad del *FCI*.

3º) Que existe una serie de preconceptos que se presentan en muchos de los alumnos y que muestran gran persistencia –porque apenas se ven corregidos por la enseñanza convencional–, dificultando la comprensión de la Mecánica. Todos los preconceptos analizados en la investigación habían sido detectados y caracterizados con anterioridad⁴, pero no existía constancia de datos relativos a su presencia y persistencia.

⁴ Solano, I., Jiménez-Gómez, E y Marín, N. (2000). “Análisis de la metodología utilizada en la búsqueda de «lo que el alumno sabe» sobre fuerza”. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), 171-188.

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos en los centros que participaron en la experiencia de aprendizaje. La eficiencia didáctica es un índice de valor comprendido entre -1 y 1 que representa la mejora obtenida con relación a la máxima que podría haberse alcanzado.

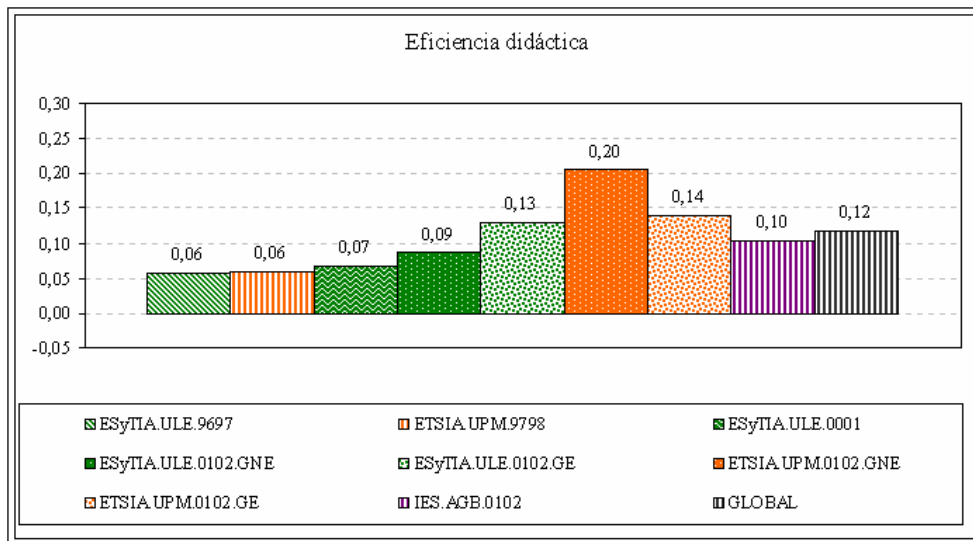


Figura 1. *Eficiencia didáctica* de las poblaciones participantes en la experiencia –GE y GNE– y de las poblaciones utilizadas como referencia.

En la figura 2 se presenta la variación del índice de evolución de algunos preconceptos para el centro ESyTIA.ULE. Es éste un parámetro que evalúa el porcentaje de mejora –si es positivo–, estancamiento, –si es nulo– o empeoramiento, de la presencia de un preconcepto.

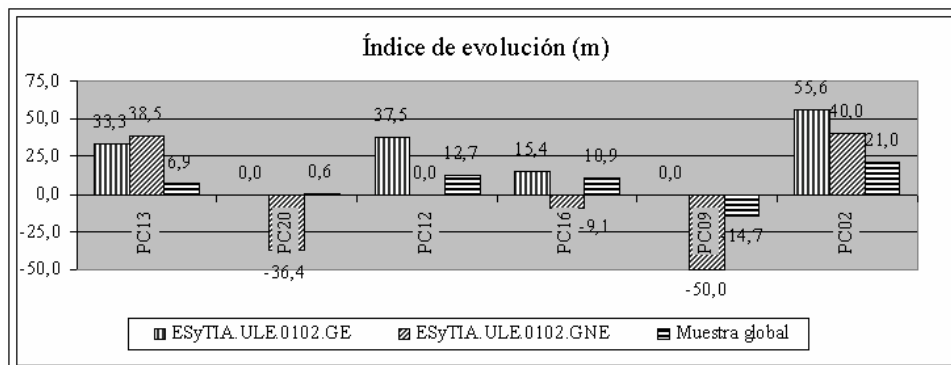


Figura 2. *Índices de evolución de preconceptos* de la población ESyTIA.ULE.0102 –participante en la experiencia “SIFMM”– y de la muestra global.

En la figura sólo se incluyen aquéllos en los que se obtuvieron los resultados más significativos, los mismos que se relacionan y describen en la siguiente tabla:

Preconcepto	Descripción	
I. CINEMÁTICA		
PC02	(K.2)	Confusión entre el concepto de velocidad y el de aceleración
III. FUERZAS ACTIVAS		
PC09	(AF.1)	Sólo los cuerpos activos ejercen fuerzas
PC12	(AF.4)	La velocidad es proporcional a la fuerza aplicada
PC13	(AF.5)	La aceleración implica la existencia de una fuerza de magnitud variable
IV. ACCIÓN Y REACCIÓN		
PC16	(AR.1)	A mayor masa mayor fuerza ejercida
V. SUPERPOSICIÓN DE ACCIONES		
PC20	(CI.3)	La última fuerza en actuar es la que determina el movimiento
La segunda columna, entre paréntesis, contiene los códigos asignados por el autor de la taxonomía a los distintos preconceptos, que responden a la terminología en inglés: K- <i>Kinematics</i> ; AF- <i>Active force</i> ; AR- <i>Action/Reaction pairs</i> ; y CI- <i>Concatenation of influences</i> .		

Todos los índices de evaluación fueron determinados para las muestras parciales de cada población, es decir, las constituidas por los alumnos que hicieron el *FCI* en las dos ocasiones en que se propuso éste.

Los resultados permiten concluir que la simulación informática de fenómenos mecánicos puede convertirse en una herramienta de refuerzo de la enseñanza de la Mecánica susceptible, además, de ser utilizada presencialmente o a distancia y con buena aceptación por el alumnado.

6. Puntos fuertes y puntos débiles de la experiencia.

Entre los puntos fuertes de la experiencia cabría señalar los siguientes: mejora de la comprensión de importantes conceptos y de la aplicación de metodologías propias de la Mecánica, reducción de algunos preconceptos, notable implicación y alta valoración de la experiencia por parte de los estudiantes que participaron en ella y simulación de fenómenos mecánicos –de difícil reproducción en laboratorios convencionales– mediante un laboratorio virtual. Una vez preparada la experiencia de aprendizaje, su utilización en el aula compensa razonablemente el esfuerzo realizado, pues en cada utilización se precisa, básicamente, la preparación de la actividad y la gestión de los ordenadores.

Puntos débiles de la experiencia: supone un trabajo importante de preparación por parte del profesor, pues se necesita seleccionar los conceptos a estudiar y los preconceptos a corregir, buscar o diseñar el ejercicio en el que intervengan, hacer las simulaciones en la correspondiente aplicación informática, depurar sus errores, etc.