

ANÁLISIS DE VIDEOS Y MODELADO DE SISTEMAS FÍSICOS SENCILLOS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA

VIDEO ANALYSIS AND MODELING SIMPLE PHYSICAL SYSTEMS AS TEACHING STRATEGY

Diana C. Díaz y Favio Cala Vitery

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá (Colombia)

Resumen

Este artículo presenta el análisis de videos como estrategia didáctica para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en un curso de mecánica clásica. El trabajo fue desarrollado durante cuatro periodos académicos con 108 estudiantes inscritos en el curso Física I, pertenecientes a los programas de ingeniería de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. La investigación fue realizada con ayuda del programa Tracker, un *software* libre para analizar videos y construir modelos dinámicos en el ambiente Java, creado en el marco del proyecto Open Source Physics (OSP). En la primera etapa los estudiantes se familiarizaron con la interfaz del programa; en la siguiente, grabaron sus propios videos y analizaron los conocimientos estudiados en el aula. En la tercera etapa el profesor introdujo los conceptos relacionados con el modelado y la simulación de sistemas físicos y con esta información los estudiantes elaboraron modelos matemáticos sencillos para simular el comportamiento del sistema elegido y captado en sus videos. Finalmente, mediante las notas finales y de encuestas de satisfacción se evidenció que la incorporación del análisis de videos incentivó el interés en el curso y mejoró el desempeño académico del grupo al facilitar la apropiación de las temáticas tratadas.

Palabras claves: pedagogía universitaria, método de enseñanza, educación en ingeniería, técnica didáctica. (Fuente: Tesaurus de la Unesco).

Abstract

This article has the objective of evaluating the use of video analysis as teaching strategy for strengthening the teaching-learning process in an introductory physics course. The work was carried out over four academic semesters with Engineering students, who produced videos of situations of their own choosing. The project was realized with the software *Tracker*, a free video analysis and modeling

tool built on the Open Source Physics (OSP) Java framework. First of all students become familiar with the program interface, in the following they recorded their own videos and analyzed previously studied knowledge in the classroom. In the third stage the teacher made an introduction of the concepts related to the modeling and simulation of physical systems and with this information the students created simple mathematical models to simulate the system. The students were encouraged incorporating video analysis and the academic performance was improved.

Keywords: college teaching, teaching method, engineering education, classroom techniques.

Introducción

Los estudiantes de primer semestre evidencian vacíos conceptuales en temas básicos, especialmente en áreas del conocimiento relacionadas con las ciencias exactas, físicas y naturales. Estudios realizados sobre el nivel de desempeño de los estudiantes colombianos muestran las deficiencias que presentan en la etapa previa a la educación superior (Ronderos, 2010; Fernandes, 2010; Valdés, 2008). En las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por su sigla en inglés) realizadas en 2006, 2009 y 2012, Colombia ha ocupado los últimos lugares. Según la versión de 2009, en Colombia menos del 1 % de la población evaluada logró ubicarse en niveles sobresalientes, el 63,9 % se concentró en los niveles más bajos en ciencias y el 70,6 % no alcanzó el desempeño mínimo en matemáticas (Ronderos, 2010). Los resultados de Colombia en el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (Timss) y en el Estudio Regional Comparativo y Explicativo (Serce) fueron también significativamente más bajos que el promedio (Fernandes, 2010; Valdés, 2008). Por otra parte, las pruebas de estado realizadas por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) reflejan un desempeño regular en áreas como las de física y matemáticas (Icfes, 2013). Más allá de generar una crítica constructiva al sistema educativo colombiano, estos diagnósticos plantean un reto para los profesores universitarios de primeros semestres, ya que estos vacíos conceptuales convierten la primera parte de las cátedras en cursos de repaso y limitan el tiempo para la profundización de los temas.

Un número importante de trabajos plantean que en el contexto actual la principal función del profesor es guiar al estudiante para que acceda intelectualmente a los contenidos de una determinada disciplina de

acuerdo con su forma de aprender. Esta visión de la labor docente pretende promover en el estudiante la capacidad para recibir y también para producir/construir conocimiento (Hammer, 2000; Mayer, 2002; Duit, 2008, McBride et al., 2010). Los educadores en el campo de la física están llamados a diseñar estrategias pedagógicas en las cuales exista la transmisión-asimilación de conocimientos elaborados y la posibilidad de practicar lo estudiado en un contexto o campo de acción de interés para el estudiante (Redish, 1994; Hammer, 2000; Brookes et al., 2011; Fakcharoenphol et al, 2011; Wang, 2005).

Los estudiantes de programas de pregrado usualmente asocian los cursos de física con el acto de memorizar ecuaciones, sin comprender los conceptos que están representando (Podolefsky & Finkelstein, 2007; Dunn & Mulvenon, 2009, Fakcharoenphol et al., 2011). Estudios realizados han demostrado que en la mayoría de los casos los estudiantes no logran relacionar los temas trabajados en el aula con conocimientos adquiridos y tampoco aplicarlos en situaciones que pertenezcan a contextos diferentes a los tratados en clase (Wang, 2005; McBride et al., 2010). Ocurre también que los estudiantes asisten al curso con temor o inseguridad sobre el desempeño que alcanzarán en la materia, debido a que son conscientes de las falencias en su formación básica.

Según los datos reportados por el Icfes, en las pruebas de Estado para el ingreso a la educación superior realizadas en el periodo 2000-2010 el promedio nacional en el área de Física fue de 45,34 puntos, con una desviación estándar de 7,85 (Icfes, 2011) en una escala de 0 a 100. Estos resultados demuestran la necesidad de diseñar estrategias pedagógicas que permitan mejorar el nivel de conocimientos de los estudiantes y logren transformar su actitud frente a la asignatura.

Prácticas de laboratorio novedosas, aplicaciones informáticas, aulas virtuales, material multimedia, entre otras, son comúnmente usadas como estrategias para generar interés en el curso sin abandonar el formalismo matemático y el rigor conceptual propios de un curso de física (Thornton & Sokoloff, 1998). El desarrollo tecnológico ha facilitado la creación de herramientas computacionales que apoyan al educador en esta misión; un ejemplo son los lenguajes de programación con los cuales es posible generar simulaciones y ambientes virtuales. El proceso de creación de dichas herramientas está en permanente desarrollo y la cantidad de paquetes informáticos disponibles en la web continúa en aumento.

Dado el crecimiento en la oferta de herramientas computacionales al servicio de la educación, también aumenta la incertidumbre sobre el grado de impacto que tienen en el proceso de aprendizaje del estudiante (Novak et al., 1999; Wang, 2005; Scott, M., 2006, Chen et al., 2010; Fakcharoenphol et al., 2011). Con el ánimo de aportar a la discusión, el presente artículo contiene los resultados de investigación sobre la incorporación del análisis de videos como estrategia didáctica en un primer curso de física universitaria. La investigación fue desarrollada con ayuda del *software* Tracker, diseñado exclusivamente para manipular videos y elaborar modelos dinámicos que incorporen las variables estudiadas en el curso de mecánica.

Para el trabajo se eligió el programa Tracker Video Analysis and Modeling Tool porque es elaborado en ambiente Java, el código es abierto y funciona en plataforma Linux, Macintosh o Windows; de igual modo, soporta gran variedad de formatos, mp4, mov, avi, mpg, entre otros. Con Tracker es posible seleccionar uno o más objetos de estudio en el video. Está configurado para ubicar marcos de referencia, origen y ángulo del sistema de coordenadas, graficar y analizar posición, velocidad, aceleración, cantidad de movimiento y energía de los objetos. También permite definir variables que no estén incluidas por defecto. Por otra parte, Tracker contiene la interfaz mediante la cual el estudiante crea el modelo matemático para describir la dinámica de su objeto de estudio; es el estudiante quien elige la situación que desee analizar,

hecho que facilita el proceso, pues él es quien busca y opta por un evento de su interés.

La estrategia didáctica implementada mediante Tracker promueve en el estudiante su capacidad para modelar fenómenos que, junto con la destreza para solucionar problemas y la idoneidad para diseñar, manejar y evaluar sistemas y procesos, son habilidades que deben caracterizar al ingeniero del siglo XXI, de acuerdo con el documento “El ingeniero colombiano del año 2020” (Acofi, 2009). Un proyecto de esta naturaleza pretende promover estas habilidades desde la etapa inicial de formación universitaria. Además, ayuda a fortalecer los grupos de investigación en didáctica de la ciencia y los resultados obtenidos pueden ser punto de partida de futuras experiencias que aporten a mejorar la calidad de la educación superior.

Metodología

La investigación fue realizada durante cuatro periodos académicos en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, con un total de 108 estudiantes inscritos en el curso Física I, pertenecientes a los programas de ingeniería. La metodología de la investigación consistió en conformar dos grupos de estudiantes por periodo académico; el primero, llamado grupo de estudio, utilizó videos como herramienta didáctica, mientras que el segundo, el grupo de control, continuó con la cátedra usual. En ambos cursos se estudiaron los mismos contenidos y recibieron guías, ejercicios, talleres, *applets*, laboratorios y evaluaciones idénticas.

La etapa inicial se desarrolló durante las primeras cinco semanas del semestre. En este tiempo los estudiantes eran informados sobre el proyecto que debían realizar en el curso. En los últimos 15 o 20 minutos de la clase el profesor daba a conocer el programa Tracker y mostraba un ejemplo por día. Además, los estudiantes recibieron videos de muestra para familiarizarse con la interfaz gráfica del programa. Finalmente, se conformaron los grupos, de dos a tres integrantes, y se eligió la cantidad de videos equivalente.

La segunda etapa tuvo lugar entre la sexta y la décima semana del periodo académico. Durante esta fase cada grupo presentó las propuestas para el video y recibió la asesoría del profesor para abarcar varios de los temas vistos en clase hasta ese momento y guiarlos sobre las siguientes acciones:

- Calibrar la escala del video. Para ello el estudiante debía conocer la longitud de un objeto que estuviera en la filmación. Con ese dato, Tracker establece la equivalencia entre metros y píxeles.
- Elegir el origen del sistema de coordenadas y disminuir el margen de error manteniendo inmóvil la cámara.
- Seleccionar el objeto de estudio para que el programa genere los datos y gráficas de posición, velocidad y aceleración del centro de masa del objeto marcado.

La tercera etapa abarcó el periodo transcurrido entre la semana once y el final del curso. En este tiempo los estudiantes calcularon las variables cinemáticas y dinámicas con ayuda del programa. Por su parte, el profesor realizó una introducción de los conceptos básicos relacionados con el modelado y la simulación de sistemas físicos y realizó ejemplos en clase. En este tiempo los grupos de estudiantes plantearon un modelo dinámico sencillo para describir el comportamiento del objeto en estudio y luego compararon los datos registrados a partir del video con los simulados usando el modelo propuesto. Los resultados obtenidos en cada caso se socializaron en la última semana por medio de presentaciones orales.

El grupo control no realizó ninguna de las etapas descritas, sólo recibió las presentaciones de los contenidos del curso, los talleres de ejercicios y los *applets* de física dispuestos en el aula virtual. En cada periodo se aplicaron las mismas evaluaciones al grupo de estudio y al de control. Para el grupo control la calificación en los tres momentos o cortes del semestre fueron iguales: un examen escrito acumulativo de 60 %, talleres 20 % e informes de laboratorio 20 %. Para el grupo de estudio, el último momento se modificó con sólo un 10 % para informes y un 10 % para la exposición del video.

Al final del semestre se compararon sólo las calificaciones del examen final, para no introducir el efecto

del cambio de porcentajes del último corte entre los dos grupos. Adicionalmente, se realizó una encuesta de satisfacción para establecer el grado de aceptación y resistencia al uso de este tipo de herramientas computacionales. La misma metodología se realizó durante dos años consecutivos.

Resultados

Durante los cuatro periodos académicos en los que se realizó la experiencia, los estudiantes del curso Física I (mecánica clásica) trabajaron en proyectos basados en el análisis del movimiento del cuerpo humano, animales y objetos en diferentes contextos. Las secciones siguientes describen algunos ejemplos de los trabajos realizados clasificados por área temática: cinemática, conservación de la energía, conservación del momento y movimiento rotacional.

Cinemática y conservación de la energía

El 18,5 % de los trabajos contenía el análisis y la simulación de movimientos en dos dimensiones. Además de ser un elemento común en diversas situaciones, la captura de este tipo de trayectorias era más sencilla de lograr. Los grupos analizaron, por ejemplo, el tiro libre en básquetbol, un juego de ping pong, el movimiento de sus mascotas, entre otros.

En el trabajo sobre el tiro libre los estudiantes realizaron el video del lanzamiento del balón para identificar la trayectoria, determinar la velocidad, el alcance, la altura máxima y el ángulo inicial (figura 1). Con dicha información crearon el modelo dinámico y simularon el movimiento. Para construir el modelo consideraron el peso de la bola, los efectos de fricción y las condiciones iniciales registradas por el video. Con los datos reales y los generados por la simulación, los estudiantes estimaron el grado de diferencia entre lo obtenido con el modelo y lo registrado por la cámara (figura 2). El error cuadrático medio fue igual al 6,43 % para la trayectoria. Una buena aproximación teniendo en cuenta que las imágenes digitales estándar aportan una incertidumbre en las medidas de la posición entre el 1 % y el 2 %.

Figura 1. Izquierda: fotograma del video analizado con la trayectoria real y la simulada. Derecha: interfaz para introducir variables y parámetros del modelo.

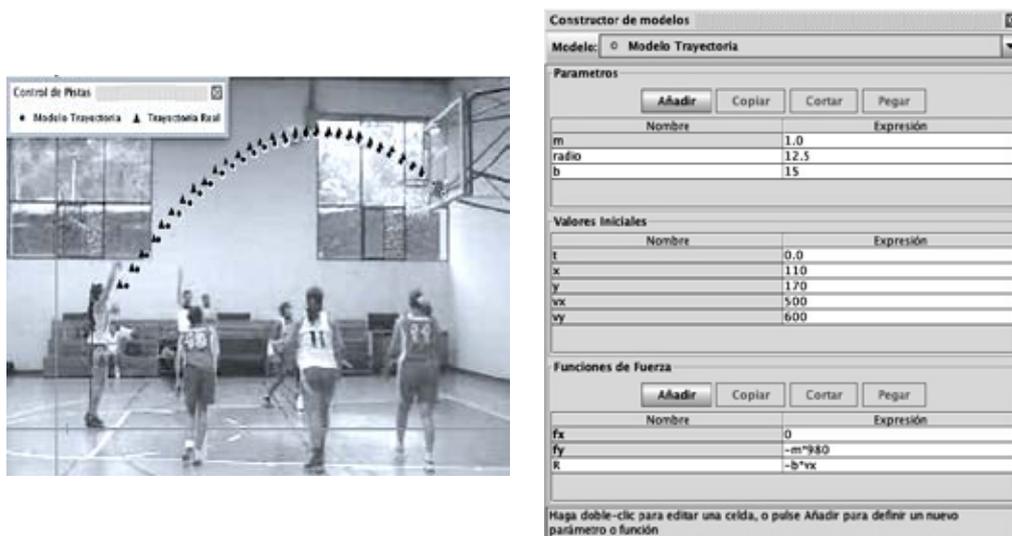
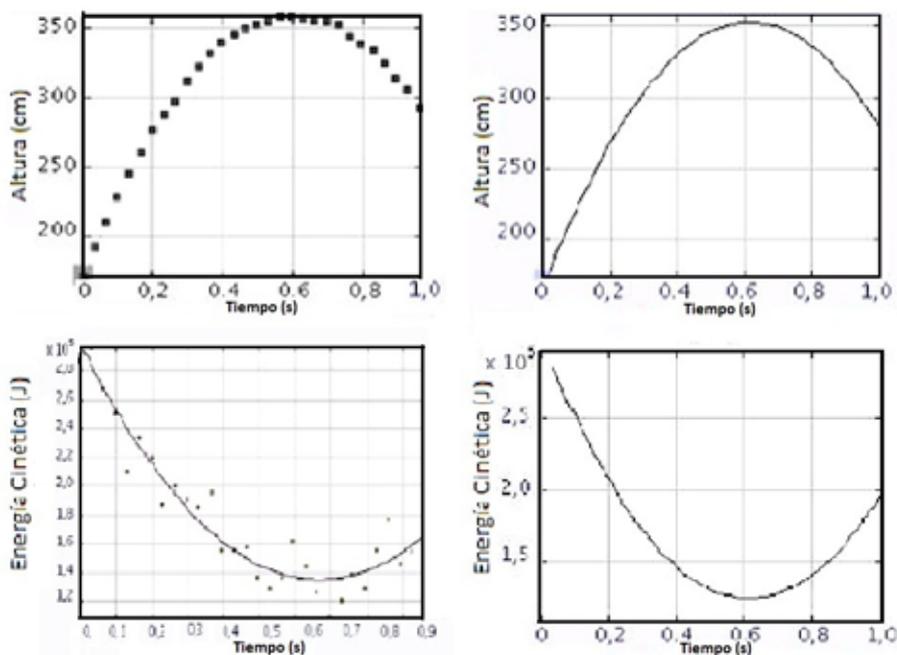


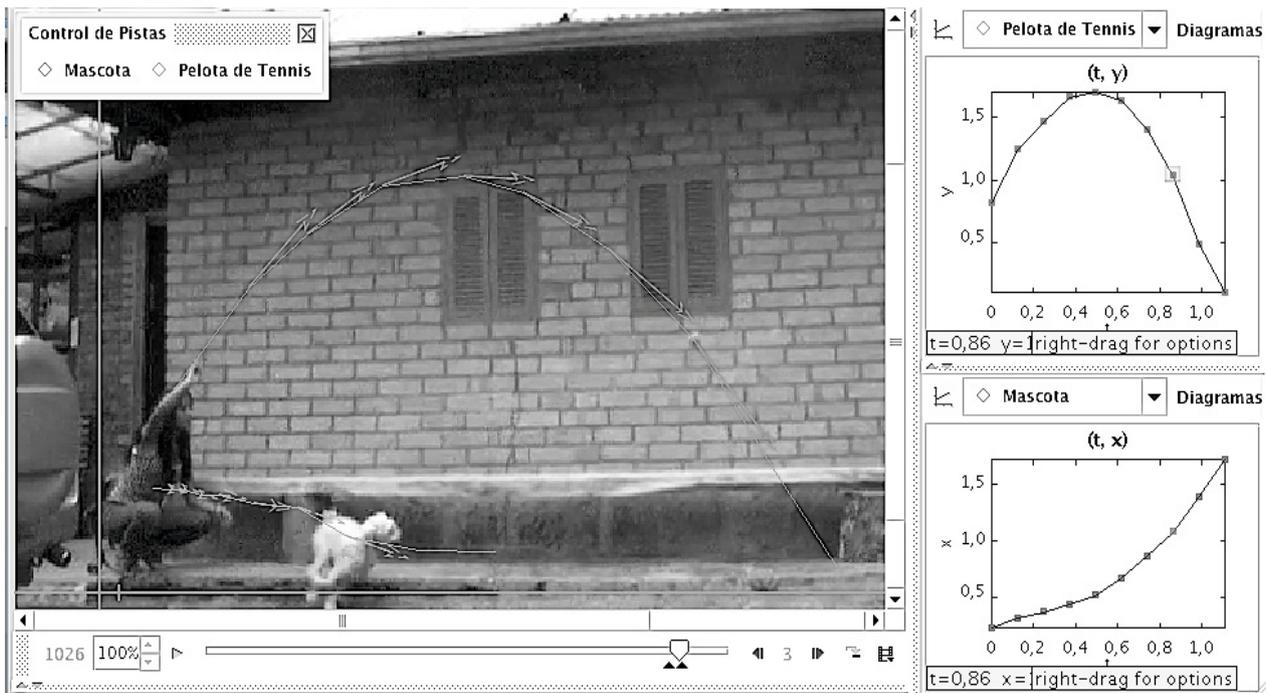
Figura 2. Altura (arriba) y energía cinética (abajo) marcadas en el video y simuladas.



En otro trabajo, los estudiantes grabaron el video del lanzamiento de una pelota y un perro que la perseguía, con una trayectoria parabólica (figura 3). El objetivo de los estudiantes era comparar la rapidez de la mascota con la componente horizontal de la velocidad de la pelota. Luego de generar diversos escenarios variando

la velocidad inicial y el ángulo de lanzamiento, los estudiantes encontraron que el perro modificaba su aceleración de tal forma que su velocidad promedio siempre era aproximadamente la de la pelota en dirección x . Con esta información construyeron un modelo para simular el desplazamiento de la mascota.

Figura 3. Trayectoria del proyectil y movimiento de la mascota.



El 58,3 % de los trabajos tenía como objetivo ilustrar el principio de conservación de la energía. Uno, por ejemplo, se basó en el video del entrenamiento de un perro *pit bull* aprovechando la capacidad de esta raza para brincar, atrapar objetos en el aire y escalar. Los estudiantes tenían como objetivo estimar, a partir del cambio de energía potencial gravitacional del perro, la energía cinética de su centro de masa, para luego compararla con la calculada por Tracker. Para esto, los estudiantes localizaron el centro de masa del perro representando el cuerpo con figuras geométricas; la diferencia entre los valores calculados por los estudiantes y los estimados por Tracker fue de 5,2 %.

Además de los trabajos mencionados, también se analizaron videos de *bunge jumping*, *skateboarding*, atracciones de parques de diversión, entre otros. En todos los casos el objetivo era ilustrar el principio de conservación de la energía mecánica. El procedimiento para hacerlo era similar: calcular la energía potencial y cinética del centro de masa del objeto analizado y comparar el resultado con el estimado por el programa, luego modelar la situación hasta

obtener la menor diferencia entre los datos reales y los simulados.

Conservación del momento

El 7,4 % de los trabajos eligió este tema. La conservación del momento lineal se analizó a partir de videos sobre juegos de billar, bolos y escenas de cazador-presa. Con las bolas de billar, por ejemplo, calculaban con Tracker las componentes en x del momento antes y después de la colisión. En su análisis, los estudiantes atribuían las diferencias entre la cantidad inicial y final de momento lineal, a la existencia de fuerzas de rozamiento y al hecho de no considerar el momento angular de la bola. Otro grupo grabó la práctica de laboratorio de colisiones elásticas e inelásticas entre dos carros sobre un riel de aire (figura 4). Estos trabajos fueron apropiados para afianzar el concepto de centro de masa de sistemas de partículas y el tema de colisiones. Más allá de la precisión y exactitud de los resultados, con este trabajo los estudiantes reflexionaron y realizaron juicios sobre el principio físico de la conservación del momento lineal.

Figura 4. Video sobre colisiones elásticas e inelásticas, registrado en el laboratorio.



Movimiento rotacional

El 11,1 % de los trabajos contenía análisis del movimiento rotacional; dos de los escenarios elegidos se describen a continuación. Un primer grupo de estudiantes grabó el movimiento giratorio del cuerpo humano alrededor de una barra fija (figura 5); y el segundo, el flic-flac de una gimnasta (figura 6). Masa

y estatura de las personas eran conocidas en los dos casos. Ambos grupos estaban interesados en estudiar el principio de conservación del momento angular. Para este trabajo los estudiantes tuvieron en cuenta la continua reconfiguración de la posición del cuerpo y que al no tratarse de un sólido rígido no había un eje estable alrededor del cual medir el momento de inercia y la velocidad angular.

Figura 5. Rotación alrededor de barra fija.



Figura 6. Movimiento de flic-flac de una gimnasta.



Ambos grupos usaron básicamente la misma aproximación: eligieron un conjunto de escenas al inicio del movimiento y otro al final, en las cuales la configuración del cuerpo no cambiaba demasiado y podía considerarse como el movimiento rotacional de un cuerpo rígido alrededor de su centro de masa. De esta forma determinaron el momento angular en cada grupo de escenas a partir de la velocidad angular e inercia rotacional del cuerpo. El análisis empezó con la determinación del centro de masa. Para ello, los estudiantes realizaron una sencilla aproximación del cuerpo humano mediante figuras geométricas simétricas. Brazos, piernas y tronco fueron representados por rectángulos y el porcentaje de masa corporal fue asignado a cada una de las partes de acuerdo con estudios de quinesiólogos. Con esta aproximación se localizó primero el centro de masa de cada uno de los segmentos que lo conforman y finalmente el de todo el cuerpo. El movimiento rotacional de cada una de las partes del cuerpo se consideró respecto tanto de su propio centro como del centro de masa de todo el cuerpo y con ayuda del teorema de los ejes paralelos se calculó el momento de inercia total.

Para el caso del hombre que gira alrededor de una barra, el equipo calculó el momento de inercia y la velocidad angular al inicio y final del movimiento. Nuevamente, la experiencia, más allá de ser una verificación del principio de conservación del momento, generó una apropiación del tema por parte del grupo de estudiantes. Probablemente este fue uno de los trabajos que mayor esfuerzo demandó por parte de los alumnos y fue una forma de mostrar su interés en la asignatura. En el caso de la gimnasta (figura 6) el grupo analizó el movimiento del centro de masa durante la ejecución de la acrobacia. Se estudiaron posición, velocidad lineal y angular, energía y torque; la experiencia fue también enriquecedora para el grupo.

Discusión

Los estudiantes trabajaron sobre archivos grabados en múltiples formatos; a mayor resolución de la imagen menor incertidumbre en la localización del centro de masa de los objetos. El ejercicio de calibrar el video, ajustar el sistema de coordenadas y localizar puntos

de interés requiere que los estudiantes realicen juicios y reflexionen sobre los conceptos físicos involucrados en la situación que eligieron. La experiencia permitió identificar los temas de mayor interés para los estudiantes, lo cual fue posible abordar con esta metodología. Cerca del 58,3 % de los trabajos tenían como objetivo ilustrar el principio de conservación de la energía mecánica; el 18,5 % tenía como tema central la cinemática en dos dimensiones; un 11,1 % contenía análisis sobre la rotación de un cuerpo rígido alrededor de un eje fijo; un 7,4 % trató temas sobre conservación de la cantidad de movimiento lineal y un 4,6 % otros temas.

La encuesta de satisfacción realizada al final del semestre indicó que el 80,5 % de los estudiantes dijo comprender mejor los conceptos presentados en clase por medio del análisis de videos. El 12 % prefirió los ejemplos y ejercicios convencionales y el 7,4 % consideró que ambas metodologías aportaron de forma equivalente a la comprensión de los contenidos.

Los resultados de la evaluación final aplicada fueron mejores en los grupos que usaron el análisis de videos y la creación de modelos que en los de control. Los estudiantes de los grupos del estudio obtuvieron mejores calificaciones con una diferencia estadística significativa ($p < 0,05$), durante los dos años en los que se realizó la investigación.

Al analizar por qué los estudiantes que siguieron la nueva metodología lograron mejores resultados en la prueba final, surgen algunas respuestas. Estudios realizados sobre las tasas de retención, memorización y aprendizaje de los alumnos han demostrado que en promedio un estudiante retiene el 10 % de lo que lee, el 26 % de lo que escucha, el 30 % de lo que ve, el 50 % de lo que ve y escucha, el 70 % de lo que dice y el 90 % de lo que explica cómo lo hizo (Wang, 2005). En el trabajo realizado, los estudiantes combinaron todas las actividades mencionadas, recibieron una clase magistral de los temas, leyeron, observaron escenarios en los cuales aplicaron la teoría, grabaron un video y finalmente explicaron ante sus compañeros cómo realizaron su propio trabajo. Por lo tanto, los estudiantes del grupo de estudio probablemente lograron una mayor tasa de retención y por consiguiente un mejor resultado en su examen final.

Investigaciones en enseñanza de la física han revelado algunas razones por las cuales los estudiantes terminan los cursos con grandes vacíos conceptuales (Redish, 1994; Hammer, 2000; Mayer, 2002). Apesar de ser capaces de resolver problemas tradicionales que involucran ecuaciones algebraicas o cálculo, muchos estudiantes fallan al contestar preguntas conceptuales sencillas. La razón es la falta de conexión entre lo estudiado en el salón de clase y el resto del mundo físico y las investigaciones indican que esto sucede independiente de las habilidades del profesor. (Mc Bride et al., 2010; Brookes et al., 2011). Trabajar con la metodología del análisis de videos le permite al estudiante salir del salón, buscar una situación real y aplicar los conceptos. Al profesor la experiencia le permite identificar el nivel de asociación alcanzado por el grupo, efectos de especificidad, transferencia y desarrollo de experticia. Para hacerlo, debe reconocer si los estudiantes tomaron como referencia los ejemplos de la clase, si buscaron fuentes de información alternativas, o si lograron el dominio de un tema en particular.

Desde el punto de vista de los profesores que acompañaron el proceso, el análisis de videos puede ser considerado como un excelente complemento a las actividades tradicionales en los cursos de física. Más experiencias de aula deben ser realizadas para enriquecer la discusión y poder generalizar dicha conclusión. Teniendo en cuenta otros factores como la diversidad de los grupos y la propia disposición del profesor para implementar este tipo de herramientas en el desarrollo de su cátedra.

El análisis de videos mediante la metodología implementada también permitió introducir en el curso conceptos relacionados con el modelado y la simulación de sistemas. Aunque es un curso que pertenece a la etapa de formación básica, los estudiantes tendrán más elementos para elegir esta línea de profundización en sus carreras. Existe en la literatura científica gran variedad de definiciones para el modelado y la simulación de sistemas. Una de las más difundidas es la de Shannon (1976), quien define la simulación como el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema dentro de límites impuestos. En la actividad, los estudiantes elegían un sistema y con ayuda de Tracker planteaban

un modelo dinámico que luego podían verificar con el video; además, modificando parámetros y condiciones iniciales simulaban escenarios diferentes.

Debido al desarrollo de equipos con mayor capacidad de cómputo es común encontrar simuladores para todo tipo de fines: médicos, financieros, para el desempeño de equipos en plantas industriales, para la aviación y la enseñanza, entre muchos otros. Un estudiante que desde los primeros semestres se familiarice con los paradigmas del modelado y la simulación comprenderá las relaciones matemáticas y lógicas que soportan dicho *software*, y no será un usuario de caja negra. Puede incluso pensar en desarrollar simuladores relacionados con su profesión pues las etapas para realizar un estudio de simulación en cualquier área son finalmente las mismas: definición del sistema, formulación del modelo matemático, colección de datos, implementación del modelo en la computadora, verificación, validación, experimentación, interpretación y documentación. Con la metodología propuesta, los estudiantes ejecutaron la mayoría de las etapas mencionadas. Más allá de obtener mejores notas, ésta puede ser una de las principales ventajas de la experiencia: lograr que un estudiante de segundo o tercer semestre pueda modelar y simular un sistema físico sencillo a partir del análisis de videos.

Trabajos de investigación en didáctica de la física indican que la enseñanza por transmisión verbal no es la mejor metodología para lograr que los estudiantes comprendan con profundidad los temas expuestos (Chen, 2010; Fakcharoenphol, 2011), pues en ella el estudiante es principalmente un receptor de información. A pesar de la evidencia, este método de enseñanza continúa siendo el más usual en las aulas; sin embargo, debido a los avances científicos y tecnológicos, la demanda de profesionales mejor capacitados aumenta y el papel del educador es trascendental para lograr satisfacerla. Vale la pena aceptar el reto.

Conclusiones

El proyecto realizado muestra de forma preliminar que la incorporación de actividades relacionadas con el análisis de videos mejora el desempeño académico de los estudiantes. Además de subir la calificación,

la principal ganancia radica en la mejor apropiación de los conceptos, un aprendizaje significativo de los mismos que se refleja en la capacidad de relacionar los temas del curso con conocimientos adquiridos en el pasado y la posibilidad de aplicarlos en diferentes contextos. Otro factor importante fue lograr que los estudiantes, a partir del análisis de videos, formularan modelos matemáticos, los verificaran y validaran con la información registrada en el video. La metodología aplicada no reemplaza las actividades usuales del curso

como ejercicios, laboratorios y exámenes escritos, se convierte en una estrategia didáctica apropiada para implementar en un primer curso de física.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano por el apoyo brindado en la Dirección de Investigaciones.

Referencias

- Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (Acofi). (2007). *El ingeniero colombiano del año 2020. Retos para su formación*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Recuperado en marzo de 2014 de http://www.acofi.edu.co/portal/documentos/EL_INGENIERO_COLOMBIANO_DEL_2020.pdf.
- Brookes, D. T., Ross, B. H., Mestre & J. P. (2011). Specificity, transfer, and the development of expertise. *Phys. Rev. ST Physics Ed. Research*, 7(1), 010105-1.
- Chen, Z., Gladding, G., Stelzer, T. (2010). Using multimedia modules to better prepare students for introductory physics lecture. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res*, 6(1), 010108-1.
- Duit, R. (2008). *Students' and teachers' conceptions and science education*. Leibniz Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Dunn, K. and Mulvenon, S. (2009). A critical review of research on formative assessment: the limited scientific evidence of the impact of formative assessment in education, practical assess. *Res. Eval.* 14, 8.
- Fakcharoenphol, W., Potter, E. & Stelzer, T. (2011). What students learn when studying physics practice exam problems. *Phys. Rev. ST Physics Ed. Research*, 7(1), 010107-1.
- Fernandes, M. I., Cervantes, V. H. & Lopera, C. (2010). Informe de resultados de Colombia en TIMSS 2007. Recuperado en junio de 2014 de http://www2.icfes.gov.co/investigacion/component/docman/doc_view/15-informe-resultados-de-colombia-en-timss-2007-resumen-ejecutivo?Itemid=.
- Hammer, D. (2000). Student resources for learning introductory physics. *Am. J. Phys.* 68, S52.
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación Superior (Icfes). (2013). Reportes históricos. Pruebas Saber 11. Recuperado en mayo de 2014 de <http://www2.icfesinteractivo.gov.co/historicos/>.
- Lawson, A. E., Alkhoy, S. & Benford, R. (2000). What kinds of scientific concepts exist? Concept Construction and Intellectual. Development in College Biology. *J. Res. Sci. Teach.* 37, pp. 996.
- McBride, D. L., Zollman, D. & Rebello, N. S. (2010). Method for analyzing students' utilization of prior physics learning in new contexts. *Phys. Rev. ST Physics Ed. Research*, 6(2), 020101-1.
- Mayer, R. E. (2002) Understanding conceptual change, in *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*, edited by M. Limon and L. Mason Kluwer, Norwell, MA, pp. 101.
- Novak, G., Patterson, E., Gavrin, A. & Christian, W. (1999). *Just-in-time teaching: blending active learning with web technology*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Podolefsky, N. S. & Finkelstein, N. D. (2007). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: empirical studies. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res*, 3(1), 020104-1.
- Redish, E. F. (1994). Implications of cognitive studies for teaching physics, *Am. J. Phys.* 62, p. 796.
- Ronderos, N., Castellanos, M., López, C., Quintero, L.A. & Ríos, H.L. (2010). *Colombia en PISA 2009. Síntesis de resultados*. Recuperado en junio de 2014 de http://www2.icfes.gov.co/resultados/component/docman/doc_download/16-informe-colombia-en-pisa-2009-sintesis-de-resultados?Itemid=.
- Scott, M., Stelzer, T. & Gladding, G. (2006). Evaluating multiple-choice exams in large introductory physics courses. *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res*, 2, 020102-1.

- Shannon, Robert. & Johannes, J. D. (1976). *Systems simulation: the art and science*. IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics 6(10), pp. 723-724.
- Thornton, R. and Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: the force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula, *Am. J. Phys.* 66, p. 338.
- Valdés, H., Treviño, E., Acevedo, C.G., Castro, M, Carrillo, S., Costilla, R., Bogoya, D., Pardo, C. (2008). Resumen ejecutivo. Primer reporte resultados segundo estudio Serce. Publicado por la Oficina Regional de Educación de la Unesco para América Latina y el Caribe Orealc/Unesco Santiago. Recuperado en junio de 2014 de <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001606/160659s.pdf>.
- Wang, Li. (2005). Using new strategies to improve teaching and learning in a Fundamental Physics course, *The China Papers Issue*, 5, pp.1-4

Sobre los autores

Diana C. Díaz

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Departamento de Ciencias Básicas. Bogotá, Colombia. Afiliación institucional actual: profesor asociado dianac.diaz@utadeo.edu.co

Favio Cala Vitery

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Departamento de Ciencias Básicas. Bogotá, Colombia. Afiliación institucional actual: profesor titular. favio.calav@utadeo.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.