

El empleo de las TIC para validar los modelos teóricos en el estudio del movimiento de rototraslación.

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Eugenio Devece^{1,2}, Patricia Torroba¹, Fabián Videla^{1,3}

¹IMApEC. Departamento de Ciencias Básicas. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. 115 y 49- (1900) La Plata, Argentina.

²IEC-EMIPASIVA-FRLP-UTN

³CIOp CIC CONICET (Centro de Investigaciones Ópticas), CC 124-1900. La Plata, Argentina

E-mail: eugdvc@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta una experiencia didáctica de aula que articula actividades teóricas, prácticas y experimentales para abordar el movimiento de rototraslación de un cuerpo rígido. Se emplean TIC combinadas con elementos tradicionales para el tratamiento del tema. El uso de estos instrumentos favorece la participación activa de los estudiantes y los ayuda en el entendimiento conceptual de las ciencias. El análisis de los resultados adquiridos por computadora permite, de manera casi instantánea, contrastar los resultados de la experiencia con los resultados teóricos, dando validez al modelo físico y en consecuencia refuerza la incorporación del concepto utilizado. La implementación de esta experiencia ha dado resultados positivos y fue estudiada por medio de encuestas y a través de las evaluaciones de acreditación del curso.

Palabras clave: TIC, Movimiento de rototraslación, Aprendizaje activo, Competencias, Destrezas en el laboratorio.

Abstract

In this work it is presented a didactic experience in the class room. The same articulate different activities: theoretical, practical and experimental to deal with the roto-translation movement in a rigid body. In this approach, it has been employed ICT combined with traditional devices. The use of these instruments gets to improve the active participation of students, in turn help them to better understand concepts relatives to science. By mean of the results analysis acquired by computer it is possible almost instantaneously perform the contrast amongst the theoretical and experimental results. This fact has a double effect: first validate the physical model and second gets enhance the incorporation of the concept used. The implementation of this experience has positives outcomes and was studied by mean of surveys and accredited midterm examinations.

Keywords: ICT, rototraslation movement, Active learning, competence, lab skills.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente la homologación de los métodos de enseñanza en las Universidades es evaluada por algunos organismos nacionales que acreditan la calidad educativa impartida. Esto incluye la revisión de los contenidos y metodologías, reforzando la adquisición de competencias afines a la profesión de ingeniería así como aquellas referidas a su vinculación con la sociedad. En el área de física se trabaja con el propósito de fortalecer la formación experimental en los estudiantes [Pesa, Bravo, Pérez, 2012]. La actividad experimental constituye un medio adecuado para ejercitar habilidades tales como el manejo del instrumental utilizado, tratamiento, presentación e interpretación de gráficos y resultados, análisis de las incertidumbres de medida, elaboración de informes y conclusiones, manejo de la comunicación oral y escrita y el trabajo colaborativo.

Con el objetivo de favorecer la formación de los futuros ingenieros, se han generado diversos materiales didácticos, con fundamento teórico, integrando las TIC con los métodos tradicionales. Se emplean interfaces, sensores de rotación, de movimiento, de posición, de fuerza, pistas y carritos de bajo roce, dinamómetros, balanzas, etc. El uso de estos instrumentos favorece la participación activa de los

estudiantes, permite el planteo de hipótesis y la elaboración de conclusiones y los ayuda en el entendimiento conceptual de las ciencias.

Se han realizado estudios comparativos entre grupos que integran las TIC a sus actividades y otros que no lo hacen y han mostrado mejores resultados los primeros (Litwin, ob cit., 2005; Coicaud, 2000). El empleo de estos recursos resulta motivador en los jóvenes debido al alto grado de alfabetización digital que poseen (Raviolo, Álvarez, y Aguilar 2011; Salinas, 2004).

En el marco de un proceso de revisión y renovación en la manera de abordar los contenidos de la asignatura Física I de las carreras de Ingeniería, se presenta una actividad vinculada con el movimiento de rototraslación de un cuerpo rígido.

II. MARCO TEÓRICO

Para dar lugar al aprendizaje activo algunos autores han propuesto estrategias de enseñanza que incluyen una adecuada ambientación áulica. Con esas condiciones se facilita el aprendizaje conceptual, a la vez que se promueve la actividad grupal de los alumnos (Sokoloff y Thornton, 2004; Sokoloff y Thornton, 1997). La ambientación tradicional promueve generalmente un desarrollo pasivo de las clases. En clases numerosas en donde se desarrolla el aprendizaje activo, es posible recurrir a las Clases Interactivas Demostrativas, sólo se necesita una computadora y un cañón que proyecte la experiencia de forma tal que los alumnos entiendan la experiencia y comprendan el funcionamiento de los instrumentos utilizados, sin emplear otros recursos.

La actividad áulica propuesta tiene las características propias del aprendizaje activo donde el centro de atención se sitúa en quien aprende: el alumno como responsable de su propio aprendizaje (Benegas, 2007).

El Aprendizaje Activo contiene tres etapas fundamentales:

- Predicción: en ella se ponen en evidencia las ideas previas que el estudiante trae sobre el concepto a estudiar, las cuales están basadas en sus experiencias diarias. La predicción debe realizarse sobre aspectos que desafíen al estudiante y hagan aflorar sus concepciones previas sobre el tema a tratar.

- Observación: aquí y antes del desarrollo de la tarea experimental, el alumno debe pensar cuáles son las precauciones a tomar para programar su experiencia, qué mediciones requieren mayor cuidado y por qué, cuántas debe efectuar, etc. Como parte final de esta etapa se desarrolla la tarea experimental y los estudiantes toman nota de los datos obtenidos. Éstos deberán ser luego analizados y discutidos por el grupo de trabajo para comunicarlos en un informe escrito.

- Contrastación: en esta etapa se confrontan las ideas previas de los alumnos con los resultados alcanzados en la experiencia. Se discuten y aclaran todas las inconsistencias que pudiera haber, bajo el análisis. Se busca que los estudiantes analicen y comprendan los datos hallados experimentalmente. Finalmente en las conclusiones los estudiantes deberán sintetizar lo realizado, incluyendo una clara descripción del problema planteado y de la respuesta obtenida. La tarea del docente es la de guía en el proceso de aprendizaje del grupo de estudiantes.

Nuestra propuesta aborda también una instancia de evaluación del aprendizaje. Los instrumentos utilizados son encuestas y las evaluaciones de acreditación del curso.

III. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

La experiencia se desarrolla en el aula y consiste en liberar dos cuerpos desde la parte superior de un plano inclinado (un cilindro macizo y uno hueco, ambos tienen igual masa y radio). En la Figura 1 se pueden observar los elementos empleados en la experiencia y sus condiciones iniciales.



FIGURA 1. En la parte izquierda de la figura se muestra el cilindro macizo y el hueco empleados en la experiencia y en la derecha el esquema de la situación inicial, en el instante en que se liberan los cuerpos.

Previamente a la observación del fenómeno, se les pide a los alumnos que hagan una predicción sobre cuál de los dos cuerpos suponen que llega primero a la base del plano. Para tal fin respondieron la siguiente encuesta en forma escrita:

- Dos cuerpos, un cilindro macizo y uno hueco de la misma masa e igual radio descienden por un plano inclinado rodando sin deslizar y partiendo del reposo.
¿Podrías predecir cuál de los dos llegará primero a la base del plano?
 - 1) El cilindro macizo llega primero.
 - 2) El cilindro hueco llega primero.
 - 3) Ambos llegan al mismo tiempo.
- Justificar brevemente la respuesta.

Luego de liberados los cilindros la situación observada por los alumnos es similar a la de la foto mostrada en la Figura 2



FIGURA 2. Se puede observar que el cilindro macizo va a llegar primero al pie del plano inclinado.

Después de esta primera parte de la actividad se trabajó en pequeños grupos de alumnos, generando la discusión entre pares y ejercitando habilidades como la observación, la elaboración de hipótesis y la adquisición de criterios para su validación.

Luego de haber sido analizada por primera vez la experiencia por parte de los alumnos se contrasta el resultado experimental con las predicciones realizadas.

Los estudiantes deben justificar el resultado de la experiencia modelando correctamente al sistema físico y con el uso de las leyes de Newton. Como resultado del análisis se obtienen las aceleraciones de los cuerpos y de qué variables dependen.

El docente guía al alumno para elaborar el modelo del sistema físico (cualquiera de los cilindros). Inicialmente realiza el correspondiente diagrama de fuerzas, luego aplica las leyes de Newton y completa el análisis haciendo el planteo energético. Los resultados obtenidos se sintetizan en la Figura 3 y en las ecuaciones asociadas mostradas en la Figura 4

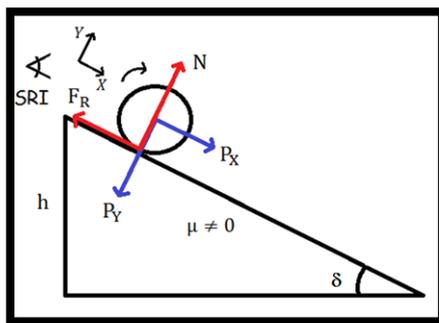


FIGURA 3. En el dibujo se representan mediante fuerzas los agentes externos que actúan sobre el cuerpo; el sistema de referencia inercial SRI desde donde se observa el evento y el sistema de coordenadas elegido.

| <u>Modelo dinámico</u> | <u>Modelo Energético</u> |
|--|---|
| $\sum_i F_y = N - P_y = 0 \quad \sum_i F_x = Mg \text{sen}(\delta) - F_r = ma_{cm}$ $N = Mg \cos(\delta) \quad \sum_i \tau_{cm} = F_r R = I_{cm} \alpha$ <p style="font-size: small;">Las expresiones del momento de inercia para un cilindro hueco y para un cilindro macizo respecto de eje que pase por su centro de masa son:</p> $I_{cm \text{ cilindro}} = \frac{1}{2} MR^2 \quad I_{cm \text{ cil hueco}} = MR^2$ | $W_{\tau \text{ no conservativos}} + W_{F \text{ no conservativas}} = \Delta E_{mecánica}$ $K = \frac{1}{2} I_{cm} \left(\frac{v_{cm}}{R}\right)^2 + \frac{1}{2} M v_{cm}^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{I_{cm}}{R^2} + M\right) v_{cm}^2$ $\frac{1}{2} \left(\frac{I_{cm}}{R^2} + M\right) v_{cm}^2 = Mgh$ $v_{cm} = \sqrt{\frac{2gh}{\left(\frac{I_{cm}}{MR^2} + 1\right)}}$ |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$a_{cm \text{ cilindro}} = \frac{2}{3} g \text{sen}(\delta)$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$a_{cm \text{ cil hueco}} = \frac{1}{2} g \text{sen}(\delta)$</div> </div> | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$v_{cm \text{ cil macizo}} = \sqrt{\frac{4}{3} gh}$</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">$v_{cm \text{ cil hueco}} = \sqrt{gh}$</div> </div> |
| <p>CONCLUSIÓN Comparando las aceleraciones, vemos que la del cilindro macizo es mayor, en consecuencia cae en un tiempo menor. Igual conclusión se obtiene comparando las velocidades.</p> | |

FIGURA 4. En la parte izquierda se realiza el planteo dinámico del cuerpo rígido. A la derecha se muestra el análisis del cuerpo rígido desde el punto de vista energético.

Se incluye en el tratamiento una comparación entre los resultados arrojados por el modelo de cuerpo rígido y medidas tomadas con el empleo de un registro digital de video (Logger Pro). La toma de datos en tiempo real favorece la validación de manera casi instantánea de la predicción teórica hecha sobre el comportamiento del sistema. Mediante el video de la experiencia realizada y con el uso del software Logger-Pro se obtiene una representación de la posición del cuerpo en función del tiempo (ver Figura 5). Este mismo perfil se puede obtener a partir de la toma de datos con un sensor de posición colocado en la parte superior del plano inclinado. A partir de ésta relación, se obtiene la aceleración que puede ser contrastada en cada situación, permitiendo efectivamente validar el modelo físico y reforzar los conceptos involucrados en el tema.

El estudiante es guiado por el docente para vincular el movimiento con aceleración constante previamente visto (en el caso de una partícula) con esta situación. A partir del gráfico puede contrastar cualitativamente y cuantitativamente los valores de las aceleraciones y discutir los resultados.

En esta experiencia se busca incentivar al estudiante para que desarrolle competencias tales como: el trabajo colaborativo, la interpretación de gráficos, la identificación de las variables relevantes, el tratamiento de incertezas. El análisis de estas situaciones se completa con una reflexión sobre los límites de validez de las expresiones operativas utilizadas y la necesidad de expresar claramente las aproximaciones y suposiciones que se realizan en el momento en que los estudiantes resuelven problemas prácticos o de laboratorio.

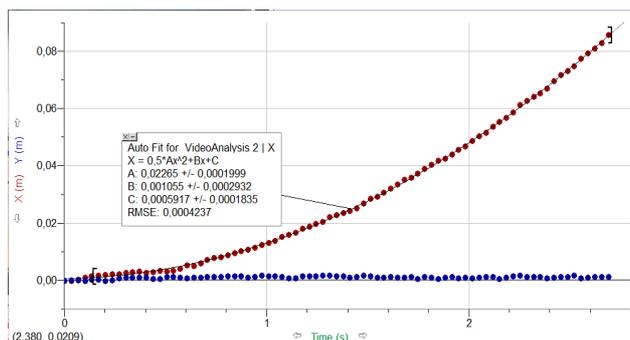


FIGURA 5. Gráfico de la posición del cilindro en función del tiempo mientras desciende por el plano inclinado utilizando una TIC, Logger Pro. Mediante el ajuste de la curva se puede determinar el valor de la aceleración del centro de masa.

Las etapas que constituyeron esta actividad pueden representarse en el la Figura 6. En esta figura se muestran los resultados de las encuestas y los de las evaluaciones parciales que son descriptos en la sección siguiente.

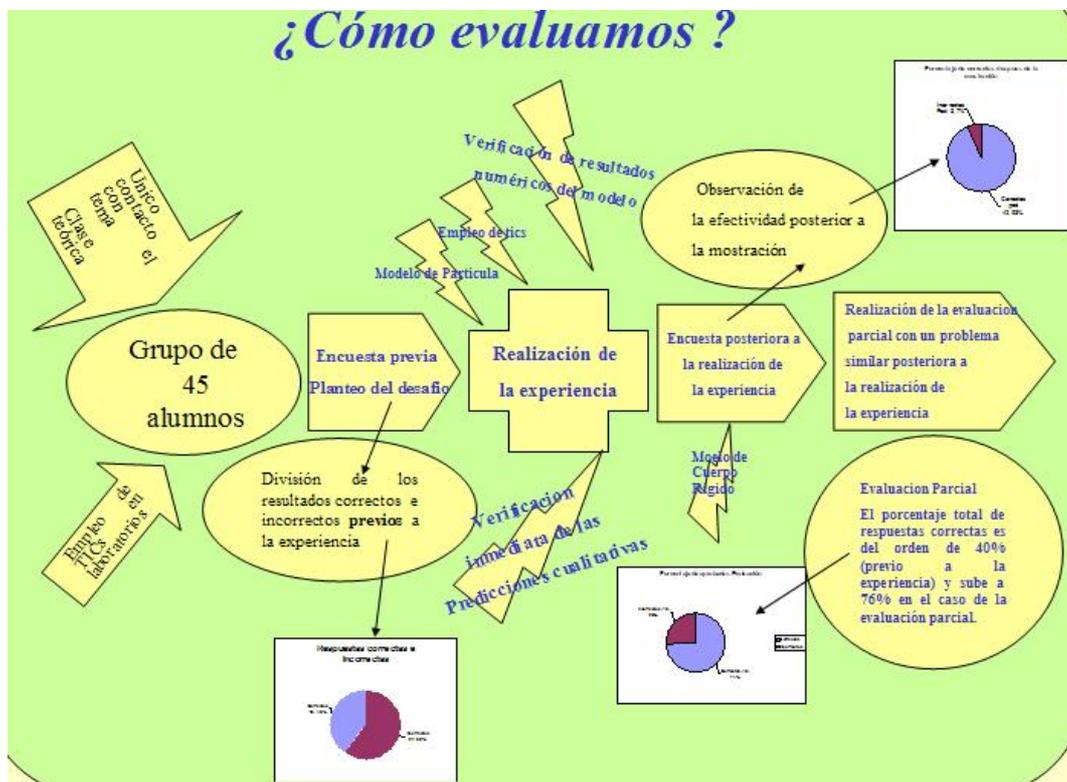


FIGURA 6. En la figura se sintetizan las etapas que formaron parte de la experiencia.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la encuesta previa a la realización de la experiencia se clasificaron en correctas e incorrectas. El grupo estaba formado por 45 estudiantes, de los cuales 18 respondieron correctamente y 27 incorrectamente (ver Figura 7). Dentro de las respuestas correctas se dividieron en aquellas respuestas con justificaciones analíticas y las intuitivas. Estos resultados se muestran en la Figura 7. El mayor porcentaje de los alumnos que justificaron analíticamente estaría indicando que han puesto en juego los modelos vistos previamente.

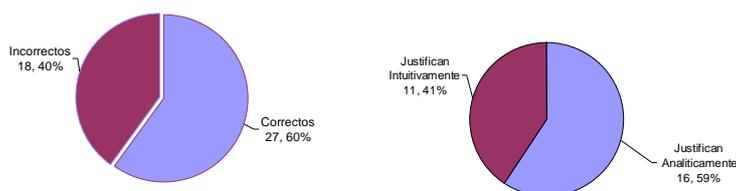


FIGURA 7. En la parte izquierda se muestra la cantidad y el porcentaje de alumnos que contesta correcta e incorrectamente, previamente a la realización de la experiencia. En el lado derecho se representa el porcentaje que contestó correctamente, 41% de manera intuitiva y 59% lo hizo analíticamente.

Luego de realizar la experiencia y analizar el modelo teórico, el porcentaje de respuestas correctas sube a 93 % (ver Figura 8). Finalmente, en la evaluación de acreditación del curso se pide hallar la aceleración del centro de masa de un cilindro y el porcentaje de respuestas correctas sube a 74% como se muestra en la Figura 8.

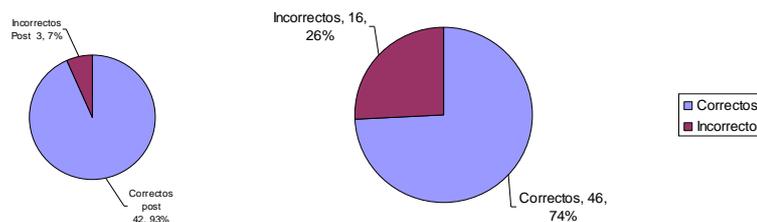


FIGURA 8. En la zona de la izquierda se puede observar que las respuestas correctas suben a 93% luego de hacer la experiencia y analizar el modelo teórico. En el lado derecho se muestra que el 74% de los estudiantes contestaron correctamente la situación planteada en la evaluación de acreditación del curso vinculada conceptualmente al tema estudiado.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta una experiencia didáctica de aula que hace uso combinado de TIC y elementos tradicionales para analizar el movimiento de rototraslación de un sistema físico modelado como cuerpo rígido. De la experiencia es interesante destacar que el empleo de una TIC le permite al estudiante contrastar, de forma casi instantánea, el resultado del experimento de manera cualitativa y cuantitativa, con los resultados obtenidos con el modelo teórico. Además, el uso de TIC resulta estimulante para el estudiante debido a la familiaridad que tiene con la tecnología.

A partir de los resultados de las evaluaciones de acreditación del curso se aprecia una mejora en el abordaje del tema.

Esta propuesta genera un espacio en donde el estudiante participa activamente y colabora con el desarrollo de habilidades como: trabajo en grupo, interpretación de gráficos, expresión oral y escrita y manejo de instrumental. Como consecuencia, esta actividad favorece la adquisición de actitudes, aptitudes y competencias requeridas en la formación integral del futuro profesional de la ingeniería.

REFERENCIAS

Ausubel, D.; Novak, J. y Hasenian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista Cognoscitivo*, México: Trillas.

Julio Benegas (2007).Tutoriales para Física Introdutoria: Una experiencia exitosa de Aprendizaje Activo de la Física Lat. Am. J. Phys. Educ. 1(1), pp. 32- 38

Coicaud, S. (2000). La colaboracion institucional en la educacion a distancia. En Litwin E. *La educación a Distancia. Temas para el debate para una nueva agenda*, Buenos Aires: Editorial Amorrortu.

Litwin, E. (2005). *Tecnologías educativas en tiempos de Internet*. Buenos Aires: Amorrortu editores.

Pesa, M., Bravo, S. y Pérez, S. (2012). La importancia de las actividades de laboratorio en la formación de ingenieros. *Memorias del Decimoprimer Simposio de Investigación en Educación en Física*. pp. 61-69 Sief XI Esquel, Argentina.

Raviolo, A.; Álvarez, M. y Aguilar, A. (2011). La hoja de cálculo en la enseñanza de la Física: re-creando simulaciones. *Revista de Enseñanza de la Física*, 24 (1), pp. 97-107.

Salinas, J. (2004). Innovación docente y uso de las TIC en la enseñanza universitaria. *Revista Universidad y Sociedad del conocimiento*, 1 (1), pp. 1-16

Sokoloff, D.; Laws, P. y Zavala, G. (2011). Aprendizaje Activo de Fluidos y Termodinámica, 4° Taller Regional del Cono Sur (AAFyT), 4° Conferencia Regional del Cono Sur, Aprendizaje Activo de la Física, (CRAAF 4), Universidad Nacional de San Luis: San Luis

Sokoloff, D. R. y Thornton, R. K. (2004). *Interactive lecture Demonstrations*. Hoboken, N. J: Wiley.

Sokoloff, D. R. y Thornton, R. K. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, 36 (6), p. 340.