

## Estudio de un movimiento rectilíneo: una experiencia innovadora en un laboratorio de acceso remoto

Schapschuk Patricia<sup>1</sup>, Mansilla, Carla<sup>1</sup>, Cámara Cristina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional del Litoral  
P. Kreder 2805 - (3080HOF) Esperanza. Santa Fe. Argentina.

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Litoral.  
Santiago del Estero 2829. 3000. Santa Fe. Argentina

**Resumen:** En este trabajo se presenta un análisis a partir de la incorporación del uso de un Laboratorio Remoto como actividad experimental real, en la enseñanza de la Física de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral sita en la ciudad de Esperanza, con la particularidad que dicho laboratorio está montado en la Facultad de Ingeniería Química en la ciudad de Santa Fe. La importancia del uso de un laboratorio remoto radica en la potencialidad que brinda el mismo en cuanto a la posibilidad de realización de experiencias reales en facultades que no cuentan con el equipamiento necesario. Esta experiencia innovadora se implementó en una primera etapa para abordar el tema cinemática del movimiento rectilíneo y en una segunda etapa se realizarán experiencias relacionadas a Dinámica de los cuerpos rígidos y Energía.

Este trabajo se enmarca en el Proyecto de Investigación CAI+D 2011- UNL: “Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación integradas a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Física en carreras de Ingeniería”.

### 1 Introducción

La incorporación de las Tecnologías de Información y comunicación (TIC) en la enseñanza de la Física en el ciclo básico de carreras de Ingeniería puede constituirse en una herramienta motivadora para estudiantes y docentes, generando instancias alternativas y complementarias de enseñanza y de aprendizaje que fomenten el trabajo colaborativo. En carreras de Ingeniería, la enseñanza tradicional se sigue impartiendo en su mayor parte en la modalidad presencial. La inclusión del uso de software, simulaciones o “instancias virtuales de aprendizaje”, puede resultar de gran ayuda y estímulo para los alumnos, ya que los mismos están familiarizados con el uso de las nuevas tecnologías desde temprana edad, por lo que incluir a las TIC en su formación, además de ayudar en la mejora del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, incorpora conocimiento en la aplicación de las herramientas que manejan actualmente y también ayuda a la incorporación de otras, desde un punto de vista crítico [1].

Una aplicación a nuestro entender, importante e innovadora, relacionada a la incorporación de las TIC a la enseñanza de la Física es el uso de Laboratorios Remotos.

Un laboratorio remoto es un conjunto de experimentos reales implementados a través de algún sistema de comunicación, de modo que el operador está ubicado en un lugar distante de los sistemas físicos [2].

Es importante marcar la diferencia entre un laboratorio remoto y un laboratorio virtual. Este último consiste en un conjunto de simulaciones generalmente disponibles en Internet que pueden ser operadas por docentes y alumnos, en general sin restricciones. En cambio en un laboratorio remoto las experiencias se realizan en forma real y pueden comandarse a través de Internet. Los resultados de las mismas y la experiencia en sí, pueden visualizarse en la PC a través de Internet. “Desde un punto de vista técnico, el experimento remoto está vinculado al control automático y a la robótica. Sus primeras aplicaciones estuvieron orientadas a resolver problemas de seguridad del experimentador, o de insalubridad de algunos ambientes en los que debían realizarse ciertas operaciones o ensayos” [2].

Un laboratorio remoto, puede ser utilizado eficazmente “como todo recurso didáctico dentro de una intervención áulica que lo incluya como medio de resolución de problemas físicos” [3].

La realización de experiencias remotas comandadas a través de internet, permite a diferentes grupos de alumnos universitarios que no cuentan con el equipamiento necesario, realizar experiencias reales utilizando el equipamiento de un centro de enseñanza que puede estar muy alejado de su lugar de cursado.

En la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Litoral, la asignatura Física forma parte del ciclo básico de la carrera de Ingeniería Agronómica y se cursa el 1º cuatrimestre del 2º año de la carrera. Posee una carga horaria de 6 horas semanales, distribuyéndose las mismas en una clase de 2 horas de Teoría (obligatoria), una clase de 2 horas de Trabajos Prácticos (TP) (obligatoria) y una clase de 2 horas de Resolución de Problemas (optativa).

Si bien se cuenta con un número significativo de instancias experimentales inclusive relacionadas temas de cinemática, la posibilidad de realizar una experiencia real de un movimiento rectilíneo y la caracterización del mismo a partir del análisis de datos experimentales espacio-tiempo, no era viable. Debido al estrecho vínculo docente con el Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería Química de la misma universidad donde se encuentra montado un laboratorio con diversas experiencias a las cuáles se puede acceder en forma remota, se decidió la implementación de esta propuesta innovadora para el estudio y caracterización de un movimiento rectilíneo en una primera etapa. En una segunda etapa, con la misma experiencia, se estudiará el movimiento de un volante que rueda sin deslizar por rieles inclinados, al abordar temas de dinámica rotacional y energía del sólido rígido.

El Departamento de Física de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, cuenta actualmente con un laboratorio con cuatro experiencias a las cuáles puede accederse en forma remota desde cualquier PC, dentro o fuera de la Unidad Académica:

- Estudio del movimiento de un volante en un plano inclinado
- Estudio del campo magnético en el interior de un solenoide

- Estudio de circuitos RC, RL y RLC de corriente continua.
- Estudio de la difracción e interferencia de la luz, que se encuentra en proceso de desarrollo

## 2 Marco teórico y objetivos

### Constructivismo y aprendizaje colaborativo

Uno de los objetivos planteados en el Proyecto de Investigación fue diseñar, evaluar y aplicar estrategias didácticas que integren TIC a las actividades de enseñanza y de aprendizaje de Física en la carrera de Ingeniería Agronómica de la UNL fomentando el trabajo grupal y aprendizaje colaborativo en el marco de una visión constructivista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. En éste marco, se incorporó el Laboratorio Remoto como una nueva forma de acceder a experiencias reales, las cuáles pueden comandarse en forma remota a través de Internet desde un gabinete de informática de una facultad u otra institución educativa o desde cualquier pc con conexión a Internet.

Según la teoría de Ausubel, el aprendizaje significativo tiene lugar cuando el estudiante da sentido o establece relaciones entre los nuevos conceptos o nueva información y los conceptos y conocimientos existentes, o con alguna experiencia anterior. Una de las condiciones para que se produzca el aprendizaje significativo es que el material a ser aprendido sea relacionable de manera sustantiva y no literal, a la estructura cognitiva de quien aprende [4]. El material que posee esas características sería potencialmente significativo, es decir, factible de ser aprendido significativamente [5].

Los entornos de aprendizaje constructivista se definen como «un lugar donde los alumnos deben trabajar juntos, ayudándose unos a otros, usando una variedad de instrumentos y recursos informativos que permitan la búsqueda de los objetivos de aprendizaje y actividades para la solución de problemas» [6].

Según Calzadilla, el aprender en forma colaborativa permite al individuo recibir retroalimentación y conocer mejor su propio ritmo y estilo de aprendizaje, lo que facilita la aplicación de estrategias metacognitivas para regular el desempeño y optimizar el rendimiento; por otra parte este tipo de aprendizaje incrementa la motivación, pues genera en los individuos fuertes sentimientos de pertenencia y cohesión, a través de la identificación de metas comunes y atribuciones compartidas, lo que le permite sentirse «parte de», estimulando su productividad y responsabilidad, lo que incidirá directamente en su autoestima y desarrollo [7].

## 3 Metodología

La propuesta descripta se implementó con alumnos de 2º año de la carrera de Ingeniería Agronómica, que cursaron la asignatura Física en el primer cuatrimestre del 2015 en la FCA, en la ciudad de Esperanza.

En una primera clase presencial, los docentes explicaron a los alumnos el funcionamiento del Laboratorio Remoto, sugiriendo a los mismos la visualización de un video explicativo que se encuentra en el sitio de acceso al mismo.

Para la comunicación con los estudiantes se usó el “Entorno Virtual Complementario para la Enseñanza Presencial” de la UNL, basado en la plataforma MOODLE. El mencionado Entorno Virtual es una herramienta que permite a los docentes diseñar actividades complementarias de la enseñanza presencial.

Para la implementación de la propuesta, se diseñó por lado, una guía de Trabajos Prácticos con las consignas para abordar la experiencia y por otro se ofreció a los alumnos un instructivo con la ayuda necesaria para que puedan acceder desde sus casas al Laboratorio Remoto ubicado en la Facultad de Ingeniería Química de la UNL, en la ciudad de Santa Fe.

En el mencionado entorno los estudiantes accedieron a las guía con las consignas y al instructivo para el uso del Laboratorio Remoto.

Se sugirió a los estudiantes trabajar en grupos pequeños de 4 alumnos, a cada grupo se le entregó un “usuario” y una “clave” para que trabajen desde sus casas y se fijaron plazos para le entrega de los informes correspondientes.

Como instrumento para la evaluación de la propuesta se diseñó una encuesta para indagar acerca de la opinión de los alumnos y de las dificultades surgidas en la realización de la experiencia. En su gran mayoría, las encuestas recabadas representaron la opinión del grupo de trabajo.

Junto con el informe grupal, se solicitó al grupo, alguna conclusión, de modo que ésta exprese todo lo que ha involucrado la experiencia, ya sea en dificultades encontradas, relación con los conceptos teóricos del tema o bien objetivos alcanzados.

### **Breve descripción de la experiencia y procesamiento de datos**

El objetivo específico de esta experiencia fue estudiar desde un punto de vista cinemático el movimiento rectilíneo de los puntos de un volante que rueda sobre un plano inclinado. Los puntos del eje del volante, son los únicos puntos que realizan un movimiento rectilíneo uniformemente variado, cuyas características se estudiaron a partir de los datos experimentales recolectados en esta experiencia real.

El volante de la experiencia es un sólido rígido en movimiento de rototraslación sobre un riel inclinado, cuyo análisis debería abordarse a partir de las siguientes expresiones (1) y (2):

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}_{CM} \quad (1)$$

Dónde:

$\sum \vec{F}$  es fuerza neta sobre el volante

m: es la masa del volante

$\vec{a}_{CM}$  es la aceleración del centro de masa del volante

$$\sum \zeta_{CM} = I_{CM}\alpha \quad (2)$$

Dónde:

$\sum \zeta_{CM}$  es la sumatoria de los momentos de las fuerzas respecto de un eje que pasa por el centro de masa del volante

$I_{CM}$  es el momento de inercia del volante respecto de un eje que pasa por su centro de masa

$\alpha$  es la aceleración angular del volante

A partir de estas ecuaciones y con la hipótesis de rodadura sin deslizamiento podría verificarse que el movimiento que realizan los puntos del eje del volante es un movimiento rectilíneo uniformemente variado con aceleración constante, en el cuál la posición en función del tiempo podría expresarse a través de la ecuación (3):

$$x = \frac{1}{2}a_x t^2 \quad (3)$$

Siendo las condiciones iniciales: posición inicial  $x_0 = 0$  y velocidad inicial  $v_0 = 0$

Debido a que los alumnos cuando realizan esta experiencia, no han desarrollado los contenidos correspondientes a Dinámica del sólido, solamente se estudiará el movimiento rectilíneo desde un punto de vista cinemático, a partir de los datos experimentales obtenidos y procesados en la experiencia.

Esta experiencia se está implementando también durante el primer cuatrimestre de 2016 y en una segunda etapa, después de abordar los temas correspondiente a Dinámica del sólido, se prevé realizar una segunda actividad con la misma experiencia para determinar el momento de inercia del volante a través de diferentes métodos.

La plataforma de experimentación consta de cuatro partes. La primera es el sistema mecánico que consiste en un riel construido con un eje cerca de su parte central y cuyo ángulo de inclinación puede variarse con la particularidad que en la parte interior del mismo se encuentran sensores que se encargarán de detectar el paso del volante.

La segunda parte comprende al sistema de adquisición de datos y control del volante que permite por un lado la digitalización y procesamiento de los datos y por otro el control del riel inclinado. Posee un software específico y una placa de adquisición con la electrónica necesaria para el funcionamiento del sistema.

La tercer parte es el software servidor que se encarga de la recepción de los pedidos de usuarios y la administración de los mismos.

La cuarta parte es el software para el usuario, y permite al mismo el control de la experiencia.

Un extremo de los rieles está soportado por un tornillo sin-fin, accionado por un motor paso a paso, que se encarga de mover ese extremo en sentido vertical con el fin de fijar el ángulo de acuerdo al valor que le asigna el usuario. El sistema posee una gran precisión para ajustar los ángulos, pudiendo modificarse los valores de éste parámetro entre  $0,3^\circ$  y  $3^\circ$ .

Realizada esta operación, el software conmuta un relay que corta la corriente al electroimán que se encarga de sostener el volante en la posición de partida. De esta manera se inicia el movimiento del volante sobre los rieles, que es de rodadura sin deslizamiento. Esto se asegura limitando el ángulo máximo de inclinación, en este caso a  $3^\circ$ .

Como ya se mencionó, en la parte interior del riel inclinado, en posiciones conocidas, se encuentran los sensores que detectarán el paso del volante y permitirán la obtención de valores experimentales de distancia versus tiempo.

La informatización del experimento permite obtener con precisión una colección de datos de tiempo y distancia a lo largo del trayecto del volante, lo cual se realiza mediante barreras luminosas infrarrojas (sensores) como puede observarse en la fotografía del dispositivo de la Figura N° 1.

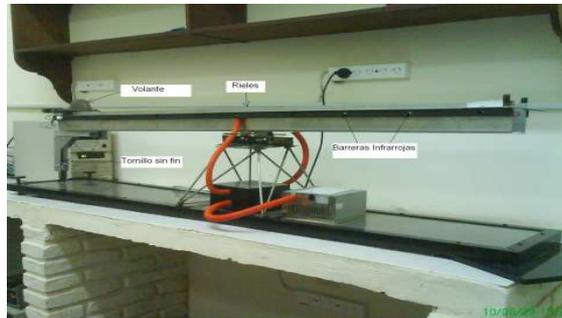


Fig. 1. En esta figura se observa el plano inclinado con el volante

Finalizada la experiencia, el riel se inclina en sentido contrario para que el volante vuelva a su posición de partida. Una de las características de la plataforma es la posibilidad de ver la experiencia en tiempo real a través de una cámara IP.

En la Figura N° 2, se muestra la gráfica que se obtiene luego de realizada la experiencia para un cierto ángulo de inclinación del volante.

Como puede observarse, el sistema permite almacenar datos, guardar imágenes, visualizar los datos del volante y acceder a la experiencia.

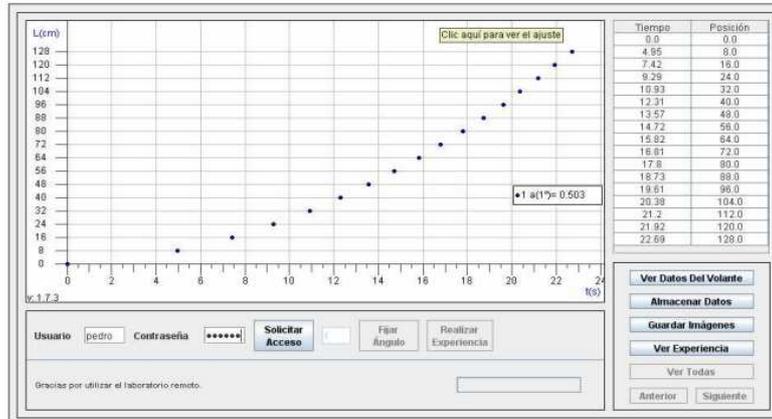


Fig.2. Applet del sistema Riel – Volante luego de realizada una experiencia.

Los datos obtenidos se grafican y también se muestran en una tabla a la derecha de la pantalla. Automáticamente el software realiza un ajuste de datos con el fin de obtener la aceleración del eje del volante como se muestra. En la parte superior de la gráfica, aparece la posibilidad de observar la gráfica de ajuste.

Ambas gráficas pueden guardarse en formato JPG y los datos de la tabla pueden guardarse como archivo Excel cada vez que se realiza una experiencia.

El sistema permite visualizar varias experiencias usando diferentes colores para cada una de ellas.

En la Figura Nº 3, se observa una imagen de la visualización de la experiencia en tiempo real.

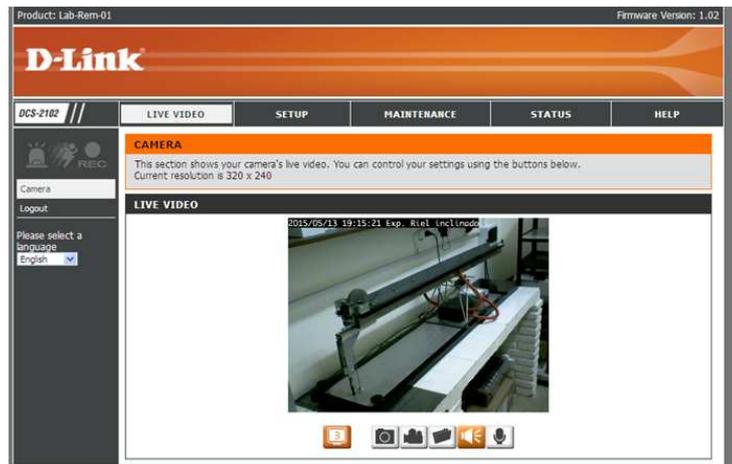


Fig.3. Visualización de la experiencia a través de la cámara de video

## 4 Conclusiones

En esta primera experiencia en el uso de un Laboratorio Remoto se estudió y caracterizó el movimiento rectilíneo de los puntos del eje de un volante que rueda sin deslizar por dos ejes inclinados.

Esta experiencia real realizada por los alumnos y comandada en forma remota a través de Internet, resultó a nuestro criterio altamente satisfactoria. A partir del análisis de las encuestas, se observó que los alumnos mostraron un marcado interés en la realización de la experiencia.

El hecho de trabajar desde sus casas, administrando sus tiempos, permitió a los diferentes grupos un trabajo autónomo pudiendo cumplir en general en tiempo y forma con los plazos establecidos por los docentes de la asignatura.

A través del sistema de mensajes dentro del Entorno Virtual y Foros de discusión, los alumnos se comunicaron permanentemente con los docentes para salvar las dificultades presentadas en la ejecución del Trabajo Práctico. El análisis de los informes, evidenció la correcta interpretación de los contenidos abordados desde la asignatura, incluyendo la transversalidad de los mismos con el uso de herramientas y temas de la asignatura de Informática.

En la actividad realizada en el primer cuatrimestre de 2015 se incluyó en las consignas la determinación del momento de inercia del volante como ítem optativo. Un 40 % de los grupos cumplieron la consigna incorporando los resultados en los informes correspondientes y participando activamente en los foros con preguntas relacionadas a estos contenidos.

Esto motivó la implementación en el primer cuatrimestre de 2016, de ambos abordajes con actividades obligatorias, siempre acompañando desde el entorno virtual a los grupos, evacuando sus dudas y ayudándolos en su tarea.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la UNL por el apoyo para la realización de este trabajo en el marco del Proyecto CAI+D 2011, código 50120110100270LI, subsidiado por la UNL.

## Referencias

1. Cámara, C. Las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación integradas a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de la Física en carreras de Ingeniería. Proyecto de Investigación CAI+D 2011. (2011). Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe. Argentina.
2. Monje, Rubén; Kofman, Hugo; Lucero, Pablo; Culzoni, Cecilia. Experimentos remotos de circuitos eléctricos con fenómenos transitorios. Revista Iberoamericana de Informática Educativa. ISSN 1699-4574. (2009) [http://issuu.com/adie.es/docs/9\\_final?viewMode=magazine](http://issuu.com/adie.es/docs/9_final?viewMode=magazine).

3. Culzoni, C.; Kofman, H.; Lucero, P.; Monje, R. Propuesta de Utilización de Internet para Laboratorios Remotos en la Enseñanza de Circuitos Eléctricos en Carreras de Ingeniería. Congreso latinoamericano de ingeniería y ciencias aplicadas– (2009) CLICAP 2009. San Rafael. Mendoza. Publicado completo en CD. ISBN: 978-987-575-079-1.

4. Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. Psicología Educacional, un punto de vista cognitivo. (1991). 5ta. Reimpresión. Trillas, Méjico.

5. Cámara, Cristina y Giorgi, Silvia. Una propuesta para el estudio de sistemas en movimiento simultáneo de rotación y traslación usando la computadora en el laboratorio de física. (2000). V Encuentro Internacional de Educación en Física. Maldonado, Uruguay.

6. Wilson, J. Cómo valorar la calidad de la enseñanza. (1995). Paidós, Madrid.

7. Calzadilla, M E. aprendizaje Colaborativo y Tecnologías de la Información y la Comunicación, (2000) OEI-Revista Iberoamericana de Educación (ISSN: 1681-5653)