

Incorporación de TICs a la enseñanza de la Física. Laboratorios virtuales basados en simulación.

Miguel A. Ré^{1,2}, Lucía E. Arena¹ y María F. Giubergia²

¹Facultad de Matemática, Astronomía y Física – Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

²Facultad Regional Córdoba – Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina.

Resumen

Se presenta una propuesta de incorporación de trabajos prácticos o laboratorio virtual basados en simulación a la enseñanza-aprendizaje de la Física en los primeros cursos universitarios, con posible extensión al nivel secundario. Se plantea además su integración con las TICs. Se consideran las ventajas de su aplicación en el ámbito de enseñanza-aprendizaje de la Física y se enuncian las dimensiones y los criterios de selección. Esta propuesta se ha desarrollado en el contexto del PID “Incorporación de las Tecnologías de la Informática y la Computación (NTICs) a la enseñanza-aprendizaje de la física.” de la Universidad Tecnológica Nacional – UTI 970.

Palabras clave: simulaciones, física, enseñanza-aprendizaje, laboratorio virtual

Abstrat

A proposal is presented for incorporating simulation based virtual laboratory experiments to learning process in Physics in the first courses at university level. The proposal could be extended to high school level. The virtual laboratory can be included in ICT. The benefits of this incorporation in the Physics learning process are considered. They are enunciated the dimensions and criteria for simulation selection. This proposal has been developed for the grant project “Incorporation of Communication and Information Technologies (ICT) to the Physics learning process”, Universidad Tecnológica Nacional.

Keywords: simulations, Physics, teaching and learning, virtual laboratory.

1. Introducción

Desde la aparición de la microcomputadora, investigadores y educadores han propuesto, desarrollado, explorado y estudiado métodos para incorporar el uso de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la mayoría de las disciplina.

En la investigación en Física las computadoras han desempeñado un papel importantísimo desde su aparición, permitiendo la realización de cálculos impensables hasta pocos años antes. El uso de supercomputadoras de procesamiento en paralelo ha incrementado notablemente la rapidez en la obtención de resultados, a través de la realización de cálculos complejos, la validación de modelos o la simulación de procesos.

La investigación en Física ha dado muestras de una gran creatividad en la descripción de la naturaleza, con desarrollos como la mecánica cuántica o de la teoría de la relatividad. Sin embargo, en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física la actitud ha sido en general más conservadora. Se han seguido repitiendo métodos y contenidos transmitidos de maestros a alumnos por generaciones. No obstante debe reconocerse que ésta es una tendencia que ha comenzado a revertirse.

El área de ingeniería ha sido considerada prioritaria por el M.E.C. y T. de la Nación (Res. 1247/05 M.E.C. y T.) debido a su fuerte vinculación con el desarrollo y la innovación tecnológica. Dentro de la formación de ingenieros el Ciclo General de Conocimientos Básicos (CGCB) se ha considerado de importancia por constituir un instrumento de carácter estratégico en el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje (PROMEI)[1]. Se pretende una formación básica sólida que facilite la culminación de los estudios de grado incluyendo nuevas estrategias pedagógicas en el tratamiento de los problemas de los primeros años de estudio.

En el CGCB de una carrera de ingeniería los contenidos de Matemática y Física son fundamentales y predomi-

nantes, como también ocurre en las currícula de nivel secundario, fundamentalmente en las orientadas a las ciencias naturales o del ambiente. Por ello es importante realizar un esfuerzo en mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje y sin duda herramientas con altas posibilidades de favorecer positivamente estos procesos se basan en la inclusión de las Nuevas Tecnologías de la Informática y la Comunicación (NTICs) [2,3], que propone la reconsideración permanente de los métodos de entrega de los contenidos y de las estrategias didáctico-metodológicas.

Surge la pregunta o desafío: ¿cómo podemos incorporar estas nuevas tecnologías en nuestras clases de Física?, ¿qué ventajas o mejoras podemos obtener de las mismas?. Se han desarrollado distintas líneas de trabajo para responder a estas preguntas: desde la utilización de hojas de cálculo [4,5] para el análisis de datos experimentales, pasando por las plataformas para educación a distancia como *moodle* o simplemente el uso de buscadores como *Google* para obtener información.

El aprendizaje de la Física, como ciencia fáctica, requiere de la práctica experimental. Los objetivos perseguidos en el proceso de aprendizaje con la inclusión de la práctica experimental pueden resumirse en las conclusiones del Comité de Laboratorios de la Asociación Americana de Profesores de Física (AAPT)[6]:

- Desarrollar el arte de la experimentación.
- Desarrollar habilidades experimentales y analíticas.
- Lograr un aprendizaje conceptual
- Comprender las bases del conocimiento en Física
- Desarrollar habilidades para el trabajo en colaboración.

Deben mencionarse aquí las dificultades que surgen de infraestructuras deficientes y el escaso tiempo disponible para llevar a cabo la cantidad necesaria de prácticas de laboratorio para garantizar un efectivo y eficiente aprendizaje de los conceptos de Física, una dificultad extendida[7]. A partir los resultados de las investigaciones didáctico-metodológicas de la Física, que hacen hincapié en la construcción del conocimiento y en la utilización de métodos de estudio que sean efectivos y motivadores para los estudiantes, es que se considera en el presente artículo la incorporación de las nuevas tecnologías a la enseñanza-aprendizaje de la Física.

Nuestra propuesta es usar la capacidad de una computadora para la simulación de procesos físicos que permitan el trabajo interactivo de los estudiantes. Es claro que el uso de una herramienta tecnológica poderosa no es suficiente para garantizar un aporte positivo al aprendizaje de una disciplina, muy por el contrario es condición necesaria que esa herramienta forme parte de una estrategia didáctica que responda a los contenidos y a las condiciones de los alumnos. Nos proponemos así la generación de actividades orientadas a la resolución

de problemas planteados como trabajos prácticos en laboratorios virtuales basados en simulaciones (LVBS) con los objetivos de:

- Encontrar sentido lógico a las relaciones entre representaciones matemáticas. En general en Física representamos la información de un sistema físico de maneras diversas: mediante una descripción en palabras, usando ecuaciones, generando gráficos, tablas, diagramas y otras más. Ocurre que para muchos estudiantes existen dificultades para generar o interpretar estas representaciones y más aún para relacionarlas entre sí.
- Entender las ecuaciones como relaciones físicas entre medidas. Se espera trascender la concepción de las ecuaciones como un mero medio de cálculo de una magnitud a partir de otras.
- Construir modelos mentales de sistemas físicos. Se pretende la generación de una representación mental a partir de su interacción con el medio, la lectura de textos, la interpretación de imágenes y combinaciones de estos elementos. Se integran aquí información del exterior, conocimientos previos y expectativas del sujeto.
- Proporcionar experiencias de aprendizaje activas. Se pretende mayor eficacia en el aprendizaje permitiendo que los estudiantes controlen el proceso y puedan verificar sus propuestas.
- Fomentar la interacción entre los estudiantes, fundamentalmente en la explicación y descripción de los fenómenos y leyes que los rigen.
- Favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje mediante herramientas que son de uso diario y que tienen un alto grado de motivación para los alumnos.

2. Laboratorios virtuales basados en simulaciones (LVBS) en Física

La enseñanza de la Física es un área en la que las nuevas tecnologías ofrecen posibilidades altamente positivas para el desarrollo de métodos didácticos novedosos, que están en constante exploración. En particular permite redefinir el carácter de los experimentos de laboratorio con nuevas ventajas y desventajas. Encontramos así que los trabajos prácticos experimentales de laboratorio tradicionales (TPELT) pueden completarse con nuevas alternativas:

- Asistidos por computadora (TPELAC): la computadora cumple el doble rol de instrumento de medición y de sistema de análisis de datos.
- Remotos (TPELR): se establece una conexión remota con los instrumentos de medición.

- Virtuales basados en simulaciones (TPELVBS): en un programa de simulación se rescatan los aspectos esenciales de un fenómeno o proceso.
- Diferidos (TPELD): se filma una experiencia y los estudiantes toman mediciones desde el video generado.
- Simulaciones: se otorga libertad en la formulación de los modelos, analizando las consecuencias de las alternativas.

Definimos el LVBS como una simulación en computadora que permite que las funciones esenciales de los TPEL puedan desarrollarse en un programa de simulación. Relajamos en esta definición el requisito de que los datos obtenidos en la simulación sean indistinguibles de los obtenidos en un TPELT.

Existe gran profusión de programas de simulación para la realización de experiencias virtuales. Sin ir más lejos en la reunión TEYET 2010 se presentó un proyecto de desarrollo de *software* [8]. Internet es una fuente inagotable de programas de simulación. Citamos a modo de ejemplo los proyectos *Physics simulation with JAVA*[9], *Interactive simulations*[10], *Physlets*[11], *Open Source Physics*[12]. Sólo es necesaria la paciencia para buscarlos y adaptarlos a nuestras necesidades. Presentan una ventaja importante los programas que pueden ejecutarse de manera remota o eventualmente

descargarse para su ejecución local sin más requisitos que la instalación de JAVA, por ejemplo. Esta posibilidad permite la extensión del espacio del aula aún fuera del ámbito edilicio de la universidad o la escuela. De esta manera la generación de los programas, que significaba en muchos casos la resistencia de los docentes a incorporar estas tecnologías, es una tarea que se ve simplificada y el esfuerzo del docente puede estar enfocado en la adaptación didáctica de la metodología a las necesidades curriculares.

También conviene señalar algunos aspectos de orden práctico que refuerzan la iniciativa de incorporar laboratorios virtuales a la enseñanza-aprendizaje de la Física en los cursos básicos. Existen problemas comunes a muchas de las carreras de ingeniería en desarrollo. Señalamos en este sentido lo extenso de los programas en relación al número de horas destinados a los cursos. Otra dificultad la constituye la escasez de recursos humanos y materiales para el número de alumnos asistentes a los cursos. También resultan limitados los recursos económicos destinados al mantenimiento de los laboratorios reales. Tomando en consideración estas dificultades los LVBS se presentan como una actividad complementaria válida. Esto permite el tratamiento de temas difíciles de abordar con las actividades convencionales y los recursos disponibles.

Tabla I: ventajas y desventajas de los LVBS desde la perspectiva de la trilogía docente, alumno, contenido

	Docente	Alumno	Objeto de estudio
favorables	El laboratorio virtual es menos costoso en tiempo y requerimientos de infraestructura	Los alumnos pueden modelar con parámetros más fácilmente controlables	Los fenómenos simulados, facilitan el diseño de situaciones problemáticas disciplinares en ciencias con dificultades en la obtención y el análisis de los datos experimentales.
	Son versátiles para el diseño de prácticas constructivas de resolución de problemas experimentales	Resulta altamente motivador poder confrontar sus conocimientos teóricos a partir de una tecnología que les es muy conocida y de uso diario y que está a medio camino entre lo puramente experimental y la ejercitación en problemas de lápiz y papel	Pueden utilizarse como un paso previo, en la etapa del diseño y la conceptualización, a los TPELT
	Permite dedicar un importante tiempo al análisis de resultados	Les permite repetir los experimentos y trabajar a distancia con mayor interacción	Son facilitadores en el proceso de conceptualización de modelos, ya que permiten repetir, en condiciones y variables controladas los experimentos.
Desfavorables	Es necesario contar con personal especializado para el diseño y/o la adecuación del software	Existe el peligro de olvidar que se simulan fenómenos de la naturaleza con variables controladas	Se pierden los aprendizajes vinculados a la puesta a punto del equipamiento o el desarrollo de habilidades y destrezas del uso del instrumental de laboratorio en los TPEL

3. Aspectos didácticos del uso de los LVBS

En la convocatoria del proyecto PROMEI se reconoce la existencia de problemas en la formación en los ciclos básicos y se plantea la necesidad de lograr una sólida formación con infraestructura adecuada para las prácticas. También se propone recurrir a estrategias innovadoras, incluso de educación no presencial, como refuerzo y como recurso para procesar la masividad. Además demanda el desarrollo de herramientas pedagógicas innovadoras para alcanzar los objetivos propuestos.

La implementación de Laboratorios Virtuales surge así como una propuesta válida para el desarrollo de estos instrumentos innovadores. Los TPELVBS en los cursos de Ciencias en general requieren de adecuaciones curriculares como ocurre con cualquier herramienta metodológica que se utilice para enseñar. Estas adaptaciones involucran el *software* propiamente dicho y el material escrito de soporte, como la guía que se presenta al estudiante. La adopción acrítica de programas de simulación para la realización de laboratorios virtuales no aparece como la manera adecuada de incorporar estas nuevas tecnologías a la enseñanza-aprendizaje de la Física.

El hecho de que los TPELVBS en Física tengan gran similitud con los trabajos prácticos experimentales de laboratorio tradicionales (TPELT) favorecen naturalmente un enfoque constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje. El docente debe tener claro que los LVBS son una herramienta complementaria que no puede suplir a los TPELT[13] (en las habilidades y destrezas en el manejo de instrumental, en la selección de variables para construir los modelos físicos entre otros[14]), pero sí hacen un aporte de bajo costo y de gran efectividad en cuanto a la visualización interactiva de las leyes que rigen un fenómeno. Así, la actividad del laboratorio virtual deberá concebirse como una actividad complementaria a las demás que se desarrollan en el dictado de un curso. El material de soporte para el desarrollo de la actividad constituye también un elemento de importancia[15].

Para estudiar las consecuencias didáctico-metodológicas de la implementación de los TPELVBS pueden considerarse las dimensiones tradicionales del objeto de estudio, el docente y el alumno. En la tabla I se muestran algunas ventajas y desventajas del uso de estos TPELVBS. En particular destacamos que los LVBS llevan una carga de motivación para el alumno porque están basados en una herramienta que le es bien conocida y son interactivos; además, son una herramienta muy valiosa para facilitar el aprendizaje de los modelos de la Física.

4. Propuesta de trabajo

La propuesta de trabajo que estamos desarrollando, en consonancia con lo antes expuesto, es la adopción e implementación de simulaciones por computadora en el formato de laboratorio virtual basado en simulaciones para la enseñanza-aprendizaje de la Física en los cursos básicos de nivel universitario con posible extensión a la escuela media.

Dada la gran disponibilidad de programas de simulación, muchos de ellos de acceso libre, como los mencionados en la introducción de la presente comunicación, no consideramos prioritario el desarrollo de nuevo *software*. Así nos concentramos en la selección y adaptación de *software* existente y la generación de guías de actividades que respondan a los objetivos didácticos que se persiguen en el curso en el que están insertos.

Creemos que el desafío pedagógico está en el desarrollo de nuevos métodos basados en simulaciones: ¿Cómo utilizamos esta herramienta? Como ya se ha mencionado, la adopción de los programas a utilizar no puede ser acrítica, sino que por el contrario es de gran importancia la selección que realice quien orienta el proceso de enseñanza-aprendizaje. Debe tenerse presente que todo programa de simulación lleva implícito un modelo con los límites fijados por el diseñador del programa. Una excesiva simplificación del modelo no favorecerá aptitudes para la identificación de los fenómenos involucrados.

Es importante señalar que contrariamente a la creencia común que asigna una función motivadora “per se” a estos recursos, en entrevistas con estudiantes, usuarios de estos programas, se encuentra que la mayor motivación ha sido la utilidad para la comprensión de aspectos considerados “difíciles” por ellos mismos.

Otro aspecto importante a considerar es el carácter interactivo de la simulación que haga que los estudiantes se involucren interactivamente (*interactive engagement*) [16] en el proceso. Los distintos formatos que puede adoptar este método fuerzan al estudiante a desempeñar un papel activo en el proceso de enseñanza aprendizaje.

Al considerar el carácter interactivo del programa de simulación es importante distinguir entre problemas enriquecidos con medios, ilustrando o reforzando lo que se describe en la clase, y problemas centrados en los medios, en los que el estudiante usa los recursos para la resolución de problemas. Podemos ilustrar esto con un ejemplo: un problema clásico en un primer curso de física es determinar la posición en la trayectoria de un proyectil en la que la velocidad es mínima. Un problema enriquecido con un medio incluye una animación como ilustración que eventualmente permite corroborar el valor obtenido mediante cálculo. Sin embargo es poco el valor que se añade en este caso al problema. El

problema se convierte en centrado en el medio cuando a partir de la animación el estudiante puede identificar la posición en que la velocidad es menor y determinarla a partir de una medición.

Sin duda el desarrollo de Internet ha ampliado significativamente las posibilidades de uso de una computadora. Una característica importante de las facilidades que brinda Internet es la independencia del sistema opera-

tivo que se esté utilizando. Un ejemplo de esto es la plataforma Java y el lenguaje JavaScript que permiten la generación de una máquina virtual y correr programas dentro de los navegadores como Netscape. La posibilidad de desarrollar programas simples que pueden ejecutarse en forma remota amplía el espacio de trabajo.

Resumimos estos criterios de valoración en la tabla II agrupándolos en dos aspectos[17].

Tabla II: Resumen de criterios de valoración del *software*

Aspecto	Criterios de valoración
Tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad en el acceso (simplicidad) • Soporte (plataforma) • Adaptabilidad (<i>open source</i>) • Requisitos de equipamiento (<i>hardware</i>) • Portabilidad • Ejecutabilidad remota • Calidad de imagen • Calidad de animación • Interactividad
Educativo	<ul style="list-style-type: none"> • Complejidad del modelo (adecuado a las necesidades curriculares) • Coherencia objetivos-contenido. • Centrado en los medios (planteo de situaciones problemáticas) • Motivación para el alumno (para superar dificultades) • Compromiso interactivo (<i>interactive engagement</i>) • Posibilidad de diseño experimental • Motivador para la construcción de modelos

5. Desarrollo y expectativas

En el desarrollo de este proyecto y de acuerdo a las valoraciones mencionadas se ha trabajado en la adaptación y uso de simulaciones en forma de laboratorio virtual para cursos de Física General. Se encuentran en estado avanzado de desarrollo prácticas relativas a:

- Definición operativa de masa inercial (desarrollado en una comunicación presentada simultáneamente). Se ha trabajado con este laboratorio en el curso de Física General I del primer año de estudios en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba.
- Análisis del movimiento oscilatorio armónico. Se ha trabajado con esta práctica en el primer año de estudios de la Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.
- Discusión del efecto fotoeléctrico. Trabajo práctico de simulación desarrollado para el tercer año de estudios en la Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.

En la valoración de los programas utilizados se tomaron en consideración las pautas antes enunciadas desde la perspectiva de usuarios del *software*. Se introdujeron modificaciones menores para lograr su adaptación a los objetivos didáctico-metodológicos perseguidos en cada caso. En general estas adaptaciones tiene como finalidad:

1. favorecer la construcción del concepto involucrado
2. favorecer una interacción no-mecanicista del alumno con el experimento
3. proporcionar una instancia de análisis metacognitivo de los contenidos desarrollados
4. favorecer la construcción de modelos mentales
5. discutir los alcancen del experimento realizado, en términos de las leyes y modelos físicos de la realidad (TPEL vs. LVBS).

La evaluación para la selección los LVBS se realizó en dos etapas:

Análisis del material propiamente dicho más allá del ámbito de aplicación. Se tomaron en consideración la facilidad de utilización del mismo, la adaptabilidad, la independencia del sistema operativo a fin de que pudiera utilizar-se fuera del edificio de la universidad.

Se consideró además el grado de complejidad y corrección del modelo subyacente y los límites del mismo y su conexión con los objetivos didácticos perseguidos.

influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los primeros estudios de estas evaluaciones arrojan resultados altamente positivos [18,19].

- b) Puesta del material en aula, considerando su aplicación como laboratorio virtual en cursos de Física. Se desarrolló una guía de actividades para el trabajo que plantea los problemas a resolver. Dicha guía no está incorporada al *software* y su diseño corresponde al modelo de planteo de problema y no al más convencional de pasos guiados. Consideramos este diseño más acorde con el esquema de problema centrado en los medios. También se diseñaron instrumentos de evaluación de la actividad a fin de determinar la

En la tabla III se muestran resultados obtenidos en la experiencia preliminar realizada en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física antes mencionada. La experiencia se llevó a cabo con 100 estudiantes a quienes se les pidió respondieran a una encuesta antes y otra después de realizar la experiencia. Encontramos un mayor porcentaje de respuestas satisfactorias en los aspectos evaluados, detallados en la tabla, luego de realizada la experiencia, lo que nos alienta a considerar como positivos los resultados.

Tabla III: resultados preliminares obtenidos con el práctico de masa inercial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
	ANTES	DESPUÉS
1- Expresar en lenguaje cotidiano los conceptos de masa inercial y de definición operativa (se comparan los puntos A de ambas encuestas).	16%	39%
2- Conocer en forma operativa-procedimental el concepto de masa inercial (se comparan las respuestas correctas previas 2 y 3 y posteriores 2 a-c).	26%	56%
3- calibración-concepto de unidad de medida	39%	62%

6. Discusión y Conclusiones

Se ha presentado una propuesta de incorporación de simulaciones en la modalidad de laboratorio virtual basado en simulaciones a la enseñanza-aprendizaje de la Física. Se han señalado las pautas de valoración del material a utilizar a partir de los objetivos didácticos perseguidos.

También es importante señalar que a partir de este proyecto de investigación se ha interesado a docentes del área de ciencias básicas a participar en el mismo, aportando a uno de los objetivos señalados en PROMEI, cual es promover la actividad de investigación.

Se ha comenzado asimismo con la tarea de difusión y promoción del material desarrollado a fin de lograr una aplicación más extendida, lo que redundará en beneficio del proyecto a partir de los resultados obtenidos de los instrumentos de evaluación.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de este proyecto a través del PID UTI 970 otorgado por la Universidad Tecnológica Nacional.

Referencias

- [1] PROMEI, "Proyecto de mejoramiento de la enseñanza en ingeniería, subproyecto ciclos generales de conocimientos básicos – carreras de ingeniería" Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología, Secretaría de Políticas Universitarias, Programa de Calidad Universitaria.
- [2] Norrie S. Edward (1996), "Evaluation Of Computer Based Laboratory Simulation", *Computers & Education* **26**, 123.

- [3] Carlos Ferro Soto, Ana Isabel Martínez Senra y M^a Carmen Otero Neira (2009), “Ventajas del uso de las tics en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles”, *EDUTEC* **29**.
- [4] Raviolo, A. (2002), “La hoja de cálculo en la enseñanza de las ciencias: experiencia didáctica en Química universitaria”, *Revista de Educación en Ciencias*, **3**, 80.
- [5] Raviolo, A. (2003). “Hojas de cálculo y enseñanza de las Ciencias: algunas actividades con gráficos”, *Revista de Educación en Ciencias*, **4**, 44.
- [6] AAPT (1998) “Goals of the introductory physics laboratory”, *Am. J. Phys.* **66**, 483.
- [7] Manuel A. González, Gloria Arranz, Raúl Portales, Miguel Tamayo y Alberto González (2002), “Development of a virtual laboratory on the internet as support for physics laboratory training”, *Eur. J. Phys.* **23**, 61.
- [8] Eduardo Antueno (2010), “Simulaciones para la enseñanza de Física en la universidad”, *V TEYET*, Mayo de 2010, El Calafate, Santa Cruz, Argentina.
- [9] <http://www.myphysicslab.com>
- [10] <http://phet.colorado.edu/en/simulations>
- [11] <http://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html>
- [12] <http://www.compadre.org/OSP>
- [13] Sufen Chen (2010), “The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories”, *Computers & Education* **55**, 1123.
- [14] M. G. Séré, S. M. Coelho y A. Dias Nunes (2003), “O papel de experimentação no ensino da Física”, *Caderno Brasileiro de ensino da Física* **20**, 30.
- [15] Kuo-En Chang, Yu-Lung Chen, He-Yan Lin, Yao-Tin Sung (2008), “Effects of learning support in simulation-based physics learning”, *Computers & Education* **51**, 1486.
- [16] R. Hake (1998), “Interactive-engagement vs. traditional methods. Survey of mechanics test data for introductory physics”, *American Journal of Physics* **66**, 64.
- [17] A.Cova, X. Arrieta and V. Riveros, *Revista Venezolana de Información, Tecnología y Conocimiento* **5**, 45-67 (2008).
- [18] Lucía Arena, Miguel Ré y Ma. Fernanda Giubergia (2010), “Una experiencia del uso de

las TICS en cursos universitarios de Mecánica”, 95^a Reunión Nacional de Física, Malargüe, Mendoza.

- [19] Lucía Arena, Miguel Ré y Ma. Fernanda Giubergia (2011), “Laboratorio Virtual para una definición operativa de masa inercial”, *VI TEYET*, Junio 2011, Salta, Argentina.

Dirección de Contacto del Autor/es:

Miguel A. Ré
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
Ciudad Universitaria
5010 Córdoba
Argentina
e-mail: mgl.re33@gmail.com

Lucía E. Arena
Facultad de Matemática, Astronomía y Física
Universidad Nacional de Córdoba
Ciudad Universitaria
5010 Córdoba
Argentina
e-mail: arena@famaf.unc.edu.ar

María F. Giubergia
Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional
Ciudad Universitaria
5010 Córdoba
Argentina
e-mail: mfergiu@yahoo.com.ar

Miguel A. Ré. Doctor en Física por la Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Profesor Titular Ordinario dedicación exclusiva en la Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina. Profesor Adjunto en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba.

Lucía E. Arena. Doctor en Física por la Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Profesor Adjunto dedicación exclusiva en la Facultad de Matemática, Astronomía y Física, Universidad Nacional de Córdoba.

María F. Giubergia. Ingeniera en Sistemas de Información por la Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina. Jefe de Trabajos Prácticos dedicación exclusiva en la Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina.
