

El uso de un Laboratorio Remoto de mecánica en la enseñanza de la física en dos modalidades de educación superior

Using a Remote Laboratory of mechanics in physics teaching in two types of higher education

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Carlos Arguedas Matarrita¹, Sonia Beatriz Concari^{2,3}, Marco Conejo Villalobos¹, Ricardo Pérez Sottile², Diana Herrero Villareal¹

¹Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Cátedra de Física, Universidad Estatal a Distancia (UNED), San Pedro de Montes de Oca, CP 474-2050, San José, Costa Rica.

²Facultad Regional Rosario, Universidad Tecnológica Nacional, E. Zeballos 1371, CP 2000, Rosario, Argentina.

³Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, Universidad Nacional de Rosario, Av. Pellegrini 250, CP 2000, Rosario, Argentina.

E-mail: carguedas@uned.ac.cr

Resumen

Los Laboratorios Remotos se vienen utilizando desde hace ya varios años en la enseñanza de las ciencias y la ingeniería. En este trabajo se presentan las experiencias del uso de un mismo experimento de acceso remoto en dos universidades públicas, en carreras universitarias de ingeniería y de enseñanza de las ciencias, en modalidades de educación presencial y a distancia respectivamente. A pesar de las diferencias entre ambas modalidades educativas se logró utilizar el recurso adaptándolo a las necesidades de cada contexto. A futuro se avizora dirigir la investigación a las condiciones de uso y la evaluación de los aprendizajes logrados con estas herramientas.

Palabras clave: Laboratorios remotos; Experimentación; Mecánica; Educación superior; Educación a distancia.

Abstract

Remote Laboratories are being used for already several years in science and engineering education. In this work we present the experiences of the use of the same remote experiment in two public universities, in some careers of engineering and of sciences education, in modalities of classroom education and distance respectively. In spite of the differences between both educational modalities it was achieved to use the resource adapting it to the needs of each context. To future we aim to direct the research on the conditions of use of LR as well as the evaluation of the learning achieved with these tools.

Keywords: Remote laboratories; Experimentation; Mechanics; Higher education; Distance education.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años los avances tecnológicos ocurren con mucha celeridad lo que genera oportunidades y retos en el ámbito educativo. Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) brindan herramientas que potencializan el proceso de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo las TIC, como señala Onrubia (2016, p. 11) brindan “nuevas posibilidades de innovación y mejora de los procesos formales de enseñanza y aprendizaje, pero la mera incorporación de herramientas tecnológicas a las prácticas educativas no garantiza en modo alguno que esa mejora se produzca realmente”. Para que esta incorporación sea exitosa se requiere de un trabajo articulado del cuerpo docente y una participación activa y responsable de los estudiantes involucrados en dicho proceso.

En la enseñanza de la física hay tecnologías que permiten realizar procesos de experimentación tales como los Laboratorios Reales, aquellos en los que tradicionalmente se han llevado a cabo los denominados experimentos “hands on”, en los que los estudiantes interactúan en un espacio especialmente diseñada-

do a esos efectos, conectando equipos, y realizando mediciones. Por su parte, los Laboratorios Virtuales consisten en programas de computación que permiten simular situaciones físicas, con el control de distintos parámetros a través de una computadora. Puede accederse a algunos Laboratorios Virtuales directamente por conexión a Internet y operar en ellos *on line*, mientras que otros requieren que los programas sean instalados previamente en la computadora, y pueden correrse sin necesidad de conexión.

Otra tecnología más reciente la constituyen los Laboratorios Remotos (LR). Éstos se diferencian de los Laboratorios Virtuales pues los LR ofrecen experiencias reales a las que se accede y las que se manipulan a través de internet. Un LR se conceptualiza como “aquél que tiene equipos físicos que realizan los ensayos localmente, pero en los que el usuario accede en forma remota a través de una interfaz que está implementada mediante software (Marchisio, Lerro y Von Pamel, 2010, p. 131). De esta forma el usuario realiza prácticas reales sin la necesidad de desplazarse a un recinto de laboratorio.

En este documento se describen dos experiencias de uso de un LR de mecánica en cursos de Física de dos instituciones universitarias, en las que se ofrecen carreras en el área de las ciencias naturales y de la ingeniería, en dos modalidades, presencial y a distancia, respectivamente. Se pretende mostrar diferencias y aspectos comunes en ambas modalidades, que contribuyan a promover el uso de los LR.

A. La formación científico-tecnológica

El perfil del egresado y los objetivos de los programas educativos se han elaborado en la mayoría de las universidades de América Latina en términos muy amplios y con base a la tradición académica del lugar. Al evaluar o reconocer los estudios realizados, es común referirse al inventario de materias cursadas y no al saber (conocimientos), saber hacer, saber ser y saber actuar que se espera alcance un estudiante después de completar un programa de estudios.

Contrariamente, bajo el enfoque de “competencias”, el perfil de egreso se entiende como un conjunto articulado de competencias profesionales que se supone permitirán un desempeño exitoso (pertinente, eficaz y eficiente) del egresado en la atención y resolución de los problemas más comunes en el campo de su profesión. Desde esta perspectiva, una competencia profesional es la capacidad efectiva para realizar una actividad o tarea profesional determinada, que implica poner en acción, en forma armónica, diversos conocimientos (saber), habilidades (saber hacer), actitudes y valores que guían la toma de decisiones y la acción (saber ser) (UEALC, 2005).

Por mucho que valoremos la importancia de la formación dirigida a la adquisición de conocimientos técnico-científicos y culturales, hay una serie de competencias clave que se asocian más a algunas conductas y actitudes de las personas. Estas competencias son transversales porque afectan a muchos sectores de actividad, a muchos lugares de trabajo y, lo que es más relevante, están muy en sincronía con las nuevas necesidades y las nuevas situaciones laborales.

Por otra parte, debe dejarse en claro que estas actitudes que conforman las competencias clave de los profesionales del presente y el futuro no son un mero complemento útil a las competencias técnicas para las cuales éste será contratado o valorado en su puesto de trabajo. Estas competencias deben incorporarse en el currículo de la formación profesional como elementos identificadores de una actitud profesional adecuada a estos tiempos.

Formar en competencias requiere actualizar los enfoques pedagógicos, aplicar nuevas herramientas didácticas y profundizar las actividades que permitan fortalecer todas las cualidades personales que remiten a las competencias.

En este sentido, se reconoce que es necesario lograr un cambio cultural en lo conceptual y actitudinal de los propios actores que deben organizar, conducir y supervisar el proceso educativo en la educación universitaria, que les permita promover una formación para formular las preguntas significativas y hallar las respuestas adecuadas, que permitirán resolver situaciones problemáticas de complejidad creciente.

En particular, las instituciones universitarias de Iberoamérica están abocadas a concretar acciones para plasmar las competencias genéricas de egreso del ingeniero (Salazar Contreras, 2014). Algunos rasgos característicos de las competencias requeridas de los ingenieros están relacionados con la capacidad de modelar fenómenos y procesos, resolver problemas, comunicarse competentemente, ser capaz de diseñar, administrar, gestionar y evaluar proyectos relacionados con la ingeniería y la tecnología, habilidad para trabajar en grupos multidisciplinarios, capacidad para aprender y desarrollar actividades experimentales, dispuesto a adaptarse a nuevas situaciones, ser creativo, aptitud y habilidad para la investigación, adquirir destrezas computacionales, entre otras.

En Argentina, el Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016 (SPU, 2012) establece que es necesario continuar con los cambios en los paradigmas de la formación, de modo que los egresados estén preparados para el desarrollo sostenible, el cual implica que la actividad del ingeniero debe considerar las implicancias económicas, sociales y ambientales de cada una de sus aplicaciones, para asegurar que no se vean afectadas las necesidades de las generaciones futuras. Por ello, no sólo es necesario conso-

lidar la formación a través del conocimiento de contenidos, sino también inculcar, durante el proceso formativo, competencias, capacidades, actitudes y aptitudes que permitan generar un profesional de alta capacitación técnica que, también, tenga compromiso social, conciencia ambiental y capacidad de liderazgo.

En la UNED de Costa Rica la formación de docentes de ciencias dirigidos a la enseñanza secundaria busca ofrecer a la sociedad docentes capaces de mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje con una formación humanística, filosófica, pedagógica y en ciencias exactas y naturales involucrada al contexto y el uso de herramientas tecnológicas, acorde al modelo pedagógico de la UNED, el cual visualiza que los estudiantes “puedan gestionar su propio proceso de formación” (UNED, 2004, p 13) dándoles autonomía de tal forma que puedan dosificar su tiempo y aprovechar las herramientas que la universidad les brinda.

En este contexto, la enseñanza de la física contribuye a promover el desarrollo de esas competencias en el estudiante, pues por la estructura del cuerpo de conocimientos que abarca y por la propia lógica de tratamiento de esos conocimientos, requiere trabajar con modelos, aplicar algún tipo de razonamiento, analizar críticamente modelos, hipótesis, procedimientos, técnicas y resultados, relacionar magnitudes físicas entre sí, describir y caracterizar sistemas, decidir sobre procedimientos, métodos e instrumentos, manipular instrumentos y medir, estimar y calcular valores, procesar datos, obtener resultados, establecer límites de validez y de confianza, predecir comportamientos y valores, comunicar procedimientos y resultados, confeccionar e interpretar gráficas y tablas.

En las actividades de aprendizaje de la física se hallan constantemente involucrados los procesos de modelado y selección de modelos al abordar la resolución de problemas en el contexto de la enseñanza, en sus distintos formatos: problemas experimentales, de lápiz y papel y simulaciones de fenómenos físicos. Esas actividades involucran la puesta en escena de distintos tipos de competencias:

- comprender el rol que juegan los modelos en la construcción del conocimiento y en el desarrollo tecnológico a través de la contrastación de resultados experimentales con los obtenidos a partir del uso de simulaciones y con los derivados de modelos teóricos,
- adoptar criterios para evaluar los alcances y limitaciones del uso de simulaciones para resolver problemas,
- comunicar en forma oral y escrita, en el trabajo grupal cooperativo y colaborativo, y en la redacción de informes.

Particularmente, a través de la realización de experiencias de laboratorio los estudiantes desarrollan competencias en el manejo de instrumentos de medición, de equipos en general, y de programas de ajuste de datos. Además, desarrollan la capacidad de interpretar crítica y reflexivamente los datos obtenidos y las soluciones logradas.

Como ya ha sido expresado, la formación en competencias requiere actualizar y reestructurar contenidos y repensar las actividades que permitan desarrollar dichas competencias. La reformulación debe asumirse desde la postura de que el estudiante es el principal protagonista de su aprendizaje, y por tanto es quien debe realizar, con responsabilidad y compromiso, el esfuerzo para aprender y desarrollar competencias. Pero si bien ese esfuerzo es individual, el trabajo en equipos promueve el aprendizaje y potencia las capacidades individuales. El docente es el facilitador y orientador, mediador entre el aprendiz y el conocimiento, y por tanto responsable de diseñar estrategias de enseñanza y de organizar actividades que constituyan verdaderas oportunidades de aprendizaje.

Los laboratorios remotos ofrecen en este sentido, reales oportunidades de aprendizaje para promover el desarrollo de competencias necesarias para el ejercicio profesional de ingenieros y profesores.

II. METODOLOGÍA

Este estudio se aborda con un enfoque cualitativo con un alcance descriptivo (Hernández, Fernández y Baptista, 2010) ya que se describen las experiencias generadas en dos universidades en las que se utilizaron actividades de laboratorio reales realizadas por los estudiantes con acceso remoto, vía Internet. La práctica pertenece al Laboratorio Remoto del Grupo Galileo de la Facultad de Ingeniería Química de Universidad Nacional del Litoral (<http://galileo4.unl.edu.ar/>).

El software utilizado para acceder en forma remota está en formato aplicación (*applet*) de Java. Para poder ejecutarlo, es necesario instalar el complemento (*plug-in*) JRE (*Java Runtime Environment*). El LR empleado ha sido sobre experiencias de cinemática y dinámica de rotación y traslación de un volante sobre rieles inclinados. Un volante es un dispositivo mecánico con simetría cilíndrica y con un importante momento de inercia que contribuye a almacenar energía cinética en su movimiento de roto-traslación.

El sistema consiste en un par de carriles paralelos pivotados en un punto cerca del centro que habilita la movilidad de los rieles en un plano vertical, a los efectos de seleccionar el ángulo de inclinación. El conjunto se encuentra conectado a una placa adquisidora que digitaliza los datos: posición y tiempo obtenidos durante el movimiento. Mientras el volante rota y se traslada sobre los rieles, se van representando en un gráfico los valores correspondientes de posición y tiempo. Con los datos obtenidos se calcula la aceleración (considerada constante). Los gráficos obtenidos se visualizan en la pantalla y se pueden almacenar en formato jpg, mientras que los datos pueden ser exportados para luego ser procesados con un software matemático para posibilitar análisis posteriores. Es posible visualizar la experiencia en vivo empleando una cámara IP, tal como se observa en la figura 1.

El Grupo Galileo ha desarrollado una guía didáctica semiestructurada para suministrar a los estudiantes, en la que se describen las actividades que deben realizar los mismos para resolver el problema experimental planteado. Cada uno de los equipos de cátedra que emplearon el LR, adaptó dicha guía, en cada caso, al contexto de la asignatura.

Los usuarios de los LR deben solicitar al encargado del Grupo Galileo el usuario y la clave para acceder al experimento.

A continuación se describen ambos contextos de uso del LR de mecánica descrito.



FIGURA 1. LR de movimiento de un volante en un plano inclinado.

A. Los contextos de aplicación

A. 1. Universidad Tecnológica Nacional (UTN)

La Universidad Tecnológica Nacional tiene una rica historia en la formación de ingenieros, que se remonta a 1948, cuando se establece para los trabajadores industriales el segundo nivel orientado a la especialización técnica, a través de la creación de la Universidad Obrera Nacional. Esta institución superior de enseñanza técnica tenía como objetivo formar integralmente profesionales de origen laboral, destinados a satisfacer las necesidades de la incipiente industria argentina que se buscaba desarrollar en esos años. Posteriormente por una Ley Nacional de 1959 se crea la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) con las funciones, entre otras, de “preparar profesionales en el ámbito de la tecnología para satisfacer las necesidades correspondientes de la industria (...) Promover y facilitar las investigaciones, estudios y experiencias necesarios para el mejoramiento y desarrollo de la industria” (Ley N° 14. 855, 1959, Artículo 2). La UTN cuenta con 29 Facultades Regionales, abarcando todas las regiones del territorio nacional y ofrece 15 carreras de ingeniería.

En la Facultad Regional Rosario de la Universidad Tecnológica Nacional se cursan carreras de Ingeniería en las siguientes especialidades: Civil, Eléctrica, Mecánica, Química y en Sistemas de Información. Las cuatro primeras han sido acreditadas por la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) y se encuentra en proceso de evaluación la Ingeniería en Sistemas de Información.

Acorde a los orígenes de la UTN, la formación de ingenieros tecnológicos ha estado orientada a satisfacer las demandas de la industria de bienes y servicios, con énfasis en la formación experimental, con

una carga horaria importante destinada a la realización de trabajos prácticos y el uso de laboratorios para la realización de experiencias.

Si bien se trata de una modalidad presencial, los LR constituyen un espacio de aprendizaje potencialmente valioso para promover el desarrollo de competencias necesarias para la formación de ingenieros.

En la Facultad Regional Rosario de la UTN se ha utilizado el LR de mecánica desde el año 2010 (Kofman et al., 2011) en dos cursos anuales de Física I destinados a estudiantes de todas las carreras de Ingeniería, denominado Curso de Promoción Directa (CPD). Estos cursos están destinados a alumnos recursantes, que han perdido la regularidad y que previamente ya han realizado otros trabajos prácticos de laboratorio presencial sobre temas de mecánica, pero diferentes del planteado en el LR.

La signatura Física I aborda el estudio de la mecánica clásica de partículas, sistemas de partículas, cuerpos rígidos y fluidos, es de cursado presencial y anual, con una carga horaria total de 160 h, distribuidas en dos clases semanales de 2 y 3 h respectivamente.

Cada curso tiene entre 25 y 30 alumnos, al que se le asigna un profesor y un docente auxiliar. Ambos docentes comparten actividades de enseñanza simultáneamente en ambas clases semanales. El CPD se desarrolla con una metodología en la que se integran teoría y práctica y se realiza un seguimiento personalizado del proceso de aprendizaje de los estudiantes, promoviendo la participación activa y responsable de los mismos.

Cada año, el docente responsable solicitó al encargado del Grupo Galileo los nombres de usuario y las claves para el acceso individual del total de alumnos, quienes se organizaron para realizar la actividad en forma grupal o individualmente. Se les proporcionó para ello, una guía didáctica, adaptada de la del Grupo Galileo. En ella se les proponía realizar actividades que tenían como objetivo integrar conocimiento conceptual y teórico con el trabajo experimental de medición y análisis y procesamiento de datos, en los temas: momento de inercia, dinámica y energía del movimiento de rototraslación de un sólido rígido sin deslizamiento. Previa explicación por parte del docente en la clase presencial, se les propuso a los estudiantes realizar la experiencia en horarios extra áulicos, de manera individual o grupal de hasta dos alumnos. Las actividades a realizar fueron las siguientes:

1. Deducir la expresión de la aceleración del centro de masa del volante, suponiendo rodamiento sin deslizamiento.
2. Calcular su momento de inercia y calcular dicha aceleración.
3. Experimentar con distintos ángulos de inclinación de los rieles
4. Comparar el valor experimental de la aceleración, con el calculado antes, anticipado por la teoría, argumentando sobre la discrepancia entre ellos.
5. Para una de las experiencias, determinar la energía cinética final del volante y compararla con la energía potencial inicial del mismo.

El plazo establecido para realizar la actividad fue de dos semanas. Los estudiantes debían entregar un informe escrito del trabajo realizado y los resultados obtenidos.

A. 2. Universidad Estatal a Distancia (UNED)

La Universidad Estatal a Distancia fue creada en el año 1977 “*como un proyecto para innovar en la educación superior*” (Dengo, 2004, p. 182) como una iniciativa del Ministro de Educación Fernando Volio Jiménez, debido a la necesidad de brindar mayor cobertura educativa universitaria en Costa Rica. Actualmente la UNED cuenta con 45 centros universitarios (CeU) distribuidos en las siete provincias del país, en los que se atienden tanto asuntos académicos como administrativos.

La UNED ofrece, entre otras, la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales. Ésta surge como respuesta a una solicitud del Consejo Nacional de Rectores, planteada en el año 1990 a las universidades estatales del país (UNED, 1992). En sus inicios, la carrera ofrecía los grados de Profesorado y Bachillerato en la Enseñanza de las Ciencias Naturales, los cuales lograron la acreditación desde 2010 por parte del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES). A partir del año 2011 se oferta el grado de licenciatura, y la carrera, incluida la licenciatura, se reacredita en el año 2014.

Dado el modelo de educación a distancia con que se trabaja en la UNED, el estudiantado se encuentra distribuido en las más diversas regiones del país, a menudo con acceso limitado a las tecnologías de la información. En este contexto, los LR son una herramienta de mucho potencial para proporcionar un acercamiento al quehacer práctico científico, sin necesidad de que los estudiantes deban desplazarse físicamente para realizar una actividad de tipo presencial. El LR se enmarca por lo tanto en un contexto de aprendizaje a distancia donde la comunicación entre estudiantes y docentes es asincrónica y la mayoría de las veces escrita y el acceso a la tecnología es dispar.

El LR se ha utilizado en la UNED, en dos asignaturas de la carrera de Enseñanza de las Ciencias Naturales: Laboratorio de Física II y Laboratorio de Física IV. En este trabajo solo nos enfocaremos en la experiencia generada en el curso Laboratorio de Física II. Esta asignatura debe ser matriculada junto con

Física II, donde se desarrollan los siguientes contenidos: cinemática rotacional, dinámica rotacional, equilibrio de los cuerpos rígidos, gravitación, movimiento periódico, ondas y sonido.

Dado el modelo de educación a distancia que caracteriza a la UNED, estas prácticas de laboratorio se complementan con una serie de actividades en la plataforma virtual Moodle. Se trabajan pruebas cortas en línea, foros de discusión y foros para realizar consultas sobre diversos aspectos del curso, el cual se ofrece de manera cuatrimestral (segundo cuatrimestre de cada año); en esta ocasión las clases presenciales se llevaron a cabo en los CeU de San José, Pérez Zeledón y Alajuela.

En el curso se realizan cuatro prácticas de manera presencial sobre equilibrio rotacional, movimiento armónico simple, péndulo simple y péndulo físico, y además la práctica virtual de simulación en línea y un LR sobre momento de inercia.

El LR se utilizó en el II cuatrimestre del 2015. Se le solicitó al encargado del Grupo Galileo un total de 48 claves y usuarios, debido a que la práctica es de carácter individual. Mediante correo interno en la plataforma Moodle de la UNED, se suministró a cada estudiante tanto la clave como el usuario. En la plataforma se facilitaron guías para el uso del LR, instrucciones para instalar el JRE, y el uso de la cámara, además de una guía de laboratorio confeccionada por la Cátedra de Física que se denominó "Momento de Inercia". Para esta experiencia se plantearon cuatro objetivos:

1. Fortalecer la comprensión de conceptos relacionados con la dinámica rotacional.
2. Utilizar un método de medición indirecta para la determinación del momento de inercia de un sólido respecto a un eje que atraviesa el centro de masa.
3. Determinar por medición indirecta la aceleración del centro de masa de un sólido.
4. Interpretar adecuadamente las gráficas y datos obtenidos en una práctica de laboratorio.

En cuanto al acompañamiento docente, dos profesores se encargaron de la mediación de la actividad, en el entorno del curso. Para tal fin se habilitó un foro de dudas, se atendieron consultas a través del correo interno y se proporcionó atención personalizada por parte de los profesores del curso en la tutoría presencial en caso de ser requerido. El plazo establecido para realizar la actividad fue del 15 de Junio al 21 de Junio del 2015; sin embargo el mismo debió ampliarse debido a dificultades experimentadas por la mayoría de los estudiantes en el acceso al LR. A esta práctica se le asignó un valor porcentual del 6% de la nota del curso.

El personal docente del curso recibió antes de iniciar el cuatrimestre una capacitación sobre el curso de Laboratorio en general, donde se abordó el tema del LR. Asimismo, esta actividad se retomó en las reuniones de coordinación para motivar a dar acompañamiento al estudiantado durante la actividad. Sin embargo, durante el período establecido para ingresar y realizar el LR, también hubo reportes de docentes con dificultades para ingresar al sitio del Grupo Galileo.

III. RESULTADOS Y ANALISIS

Los resultados de ambas experiencias de uso dan cuenta de que los requerimientos técnicos y didácticos han sido adecuados a los objetivos de aprendizaje propuestos, y de que los estudiantes fueron capaces de realizar los experimentos, obtener y procesar los datos y realizar los cálculos solicitados. Los aprendizajes en el ámbito del grado universitario han sido evaluados a través de la resolución de nuevos problemas en instancias de evaluación académica formal -exámenes parciales y finales-, evidenciando aprendizajes significativos. Los resultados obtenidos en las dos experiencias didácticas, se sintetizan en la tabla 1.

Por otra parte, el empleo este LR con estudiantes de ingeniería, coloca a estos últimos en contacto con tecnologías y procedimientos asociados a la medición remota que deberán utilizar en su futuro profesional. En el ámbito de la formación para la enseñanza, los estudiantes tomaron contacto con este LR en el marco de estrategias didácticas que incorporan en forma integrada, con el uso de plataforma web y simulaciones.

Algunas dificultades técnicas están relacionadas con las restricciones que con las que cada usuario configura su computadora que bloquean ciertos puertos que normalmente no se usan, pero que en los experimentos remotos deben forzosamente estar accesibles. Otras dependen del propio experimento: más allá del tiempo requerido normalmente debido a la naturaleza del experimento, cuando hay varios usuarios intentando acceder al mismo, el sistema los coloca en espera, lo cual produce impaciencia y en algunos casos abandono o postergación de la actividad.

TABLA I. Resultados del uso de un LR en la UTN y la UNED.

	<i>UTN</i>	<i>UNED</i>
Modalidad	Presencial	A distancia
Estrategia didáctica	Trabajo guiado, mediante una guía didáctica semiestructurada	Trabajo de laboratorio guiado, con guías didácticas y apoyo en la plataforma Moodle.
Apoyo docente	Explicación previa en clase presencial.	Coordinación de foro virtual. Atención de consultas a través del correo interno. Tutoría presencial. Atención telefónica.
Trabajo del alumno	Grupal y/o individual	Individual
Actividades complementarias	RP de lápiz y papel	Práctica con simulación.
Ejecución efectiva de la actividad	100% de los estudiantes entregaron su informe	Solo 17 estudiantes entregaron el informe (35%).
Dificultades técnicas	Habilitación de puertos desde PC con acceso restringido. Lapsos de ejecución considerables (espera en cola).	Problemas con la instalación del de la aplicación JRE. Problemas de conectividad en zonas rurales.
Dificultades didácticas	Problemas de conexión. Dificultad en el cálculo del momento de inercia del volante.	Poca comprensión de instrucciones. Dificultad para relacionar variables.
Evaluación de aprendizajes	Resolución de problemas de lápiz y papel en evaluación parcial y examen final presenciales.	Evaluación del informe de laboratorio.
Competencias y aprendizajes promovidos	Aprendizaje de los conceptos relevantes: momento de inercia, energía mecánica, trabajo, aceleración.	Fortalecimiento en la comprensión de conceptos relacionados con la dinámica rotacional.
	Control de variables.	Uso de medición indirecta para determinar el centro de masa y momento de inercia de un sólido rígido.
	Manejo de modelos.	Uso de herramientas de graficación.
	Ajuste de datos experimentales.	Ajuste e interpretación física de datos experimentales.
	Integración de conocimientos.	Uso de herramientas tecnológicas.
	Acceso a una tecnología que podrán usar en su futuro desempeño profesional.	Acceso a nuevas formas de realizar trabajo experimental. Realización de una experiencia de laboratorio real sin tener que asistir a un CeU.

Resulta interesante destacar que el uso del LR ha promovido el establecimiento de redes colaborativas de investigación entre los equipos docentes involucrados.

V. CONCLUSIONES

La reflexión que surge del análisis de estas experiencias nos permite afirmar que el LR de mecánica utilizado constituye un recurso idóneo para la promoción de procesos constructivos individuales de aprendizajes significativos, incorporando la observación experimental en el contexto de la construcción teórica. Así mismo, facilita a los estudiantes el acceso a la experimentación en cualquier momento y lugar.

El estudiantado de la UNED se beneficia de actividades de aprendizaje que minimicen el tiempo invertido en desplazarse sin por eso ir en detrimento de la calidad de los aprendizajes logrados; sin embargo se evidencia falencias en la utilización de la herramienta y se debe realizar más apoyos didácticos y técnicos para que se dé una mayor participación de los estudiantes.

Las experiencias descritas muestran que la realización remota de una misma práctica de laboratorio real puede integrarse al dictado de cursos universitarios de física, tanto en la modalidad presencial como a distancia, adaptando el diseño didáctico a los intereses educativos y contexto particulares.

Resta ampliar el empleo de estas herramientas a más cursos, a fin de tener insumos para abordar investigaciones orientadas a responder preguntas vinculadas a las condiciones de uso y a la evaluación de los aprendizajes logrados con el empleo de estos recursos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Estatal a Distancia (UNED) por la beca otorgada a través del Acuerdo de Mejoramiento Institucional (AMI) para la realización del Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales en la Universidad Nacional del Litoral, Argentina.

Este trabajo ha sido realizado en el marco de los proyectos: “Resolución de Problemas de Física vinculados a la práctica profesional de la Ingeniería” (UTN-25/M064) y “Procesos educativos mediados por tecnologías en ciencias e ingeniería. Estudio de casos” (UNR-1ING505).

REFERENCIAS

Dengo, E. (1999). *Educación Costarricense*. San José, Costa Rica: EUNED.

Hernández, R., Fernández, C., Batista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw Hill.

Kofman, H. A., Pérez Sottile, R., Concarí S. B. y Sarges Guerra, A. R. (2011). Experiments in rigid body mechanics using a remote laboratory. In: *Proceedings of INTED2011 Conference*. CD. IATED Publication, Valencia, Spain, 7-9 March, 2011.

Ley N° 14.855 (1959). Ley de creación de la Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de http://www.edutecne.utn.edu.ar/utn_documentos/ley_14855_autarquia.pdf (03/07/2016)

Marchisio, S. Lerro, F., Von Pamel, O. (2010). Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 38, 129-139. Recuperado de <http://www.sav.us.es/pixelbit/actual/10.pdf> (03/07/2016)

Onrubia, J. (2016). Aprender y enseñar en entornos virtuales: Actividad conjunta, ayuda pedagógica y construcción del conocimiento. *RED. Revista de Educación a Distancia*. 50(3). Recuperado de <http://www.um.es/ead/red/50> (03/07/2016)

Salazar Contreras, J. (2014). Competencias Genéricas de egreso del Ingeniero Iberoamericano. *Revista Argentina de Ingeniería*, Año 3, V III. Recuperado de <http://radi.org.ar/sites/default/files/pictures/07-Secci%2B%C2%A6n%20Ingenieria%20en%20Iberoamerica.pdf> (03/07/2016)

SPU. (2012). Plan Estratégico de Formación de Ingenieros 2012-2016. Recuperado de <http://portales.educacion.gov.ar/spu/calidad-universitaria/plan-estrategico-de-formacion-de-ingenieros-2012-2016/> (03/07/2016)

UEALC (2005). 6x4 UEALC Reunión de inicio. Guadalajara, 14-15 abril 2005.

UNED. (2004). Modelo Pedagógico de la Universidad Estatal a Distancia. Aprobado por el Consejo Universitario, Sesión N° 1714, Artículo IV, inciso 3 del 9 de julio, Consejo Universitario. San José: EUNED

UNED. (1992). *Bachillerato en la enseñanza de las ciencias naturales. Macroprogramación*. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales. Documento de Programa de Enseñanza de las Ciencias Naturales. San José. Costa Rica.