

# Experiencia con simulador. Una actividad complementaria en la enseñanza de la física

Simulator experience. A complementary activity in the teaching of physics

María Laura Herrero<sup>1\*</sup>, Mario Emanuel Serrano<sup>1</sup>, Víctor Saguez<sup>1</sup>, Mauricio Simón<sup>1</sup> y Ansise Chirino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, Av. Libertador 1109 (O), CP 5400, San Juan. Argentina.

\*E-mail: mlherrero@unsj.edu.ar

## Resumen

Se presenta una propuesta de incorporación de simulaciones en la modalidad de laboratorio virtual para favorecer el proceso enseñanza-aprendizaje en física. Se muestran los resultados obtenidos en dos experiencias con simulador en el curso de Física II de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan. Las experiencias fueron asincrónicas y se llevaron a cabo a través de la plataforma Moodle. Se elaboró una guía didáctica para los estudiantes y los mismos debieron responder dos cuestionarios, uno previo y otro posterior en cada experiencia. Los resultados de este trabajo son muy alentadores y consideramos que la incorporación de experiencias con simulación como actividad complementaria a las insustituibles prácticas de laboratorio permite a los estudiantes comprender los fenómenos físicos.

**Palabras clave:** Laboratorio virtual; Experiencia con simulación; Enseñanza de la física

## Abstract

A proposal for the incorporation of simulation in the virtual laboratory modality is presented to favor the teaching-learning process in physics. The results obtained in two experiences with a simulator in the Physics II course of the Faculty of Engineering of the National University of San Juan are shown. The experiences were asynchronous and were carried out through the Moodle platform. A didactic guide was developed for the student and they had to answer two questionnaires, one before and one after in each experience. The results of this work are very encouraging and we consider that the incorporation of simulation experiences as a complementary activity to the irreplaceable laboratory practice allows students to understand physical phenomena.

**Keywords:** Virtual laboratory; Simulation experiences; Physics teaching

## I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la formación de ingenieros el Ciclo General de Conocimientos Básicos se ha considerado de importancia por constituir un instrumento de carácter estratégico en el mejoramiento de los procesos de enseñanza-aprendizaje. Es necesaria 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. Las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son un elemento que cada vez cobra mayor importancia en el desarrollo del mundo productivo actuando sobre la organización, gestión y toma de decisiones, al intervenir en el estudio, desarrollo, implementación, almacenamiento y distribución de la información mediante el uso de hardware y software adecuado. El uso de las TIC en 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. Los métodos y contenidos transmitidos de profesores a estudiantes se han seguido repitiendo por generaciones. No obstante, debe reconocerse que ésta es una tendencia que en los últimos años ha comenzado a revertirse. Desde hace varios años 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 disciplinas (Castillo, 2008; Cuevas, 2018; Carnoy, 2004).

Las instituciones educativas no han sido ajenas a este cambio que se está dando, pues hoy la educación tiene la exigencia de formar estudiantes que sean competentes dentro de una sociedad que gira en torno a la información y se nutre de las herramientas que facilitan procesos de comunicación más efectivos y con menos barreras.

Es importante realizar un esfuerzo por mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje y por reconsiderar permanentemente los métodos de entrega de contenidos y las estrategias didáctico-metodológicas. En ese contexto, resulta aconsejable incorporar el uso de herramientas con posibilidades de favorecer positivamente esos procesos, como son las nuevas tecnologías de la informática y la comunicación (Soto *et al.*, 2009; Norrie, 1996).

Dado que la calidad de la enseñanza de las ciencias técnicas depende de que el estudiante pueda utilizar laboratorios reales, resulta importante que se estimulen investigaciones sobre el uso y experiencias en el desarrollo de laboratorios remotos o virtuales que pueden constituir alternativas de bajo costo. En la enseñanza de la física y de otras disciplinas, es valioso el uso de las TIC en simulaciones o programas específicos que permiten analizar modelos matemáticos de sistemas de diverso tipo (Loo Alcivar, Chiquito Tumbaco y Rodríguez Merchán, 2017).

Los laboratorios virtuales son entornos de simulación que permiten a los estudiantes participar en experimentos en condiciones predefinidas. Se puede llegar a los laboratorios a través de cualquier red informática. Los resultados de los experimentos dependen de los datos de entrada previamente definidos por el usuario (Amorin *et al.*, 2014).

Este trabajo presenta una propuesta de enseñanza-aprendizaje mediante la incorporación de laboratorios virtuales basados en simulación en la asignatura de Física II de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ. Se presentan los resultados obtenidos en dos actividades experimentales que involucran los temas corriente eléctrica y óptica geométrica.

## II. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La propuesta de trabajo desarrollada es la implementación de una simulación por computadora en el formato de laboratorio virtual basado en simulación para la enseñanza-aprendizaje de la física. Dada la gran disponibilidad de programas de simulación, muchos de ellos de acceso libre, no consideramos prioritario el desarrollo de nuevo software. Se seleccionó y adaptó un software existente y se elaboraron guías de actividades que respondieran a los objetivos didácticos del curso.

La experiencia virtual se implementó en Física II de la Facultad de Ingeniería de la UNSJ. Se seleccionó un simulador disponible en la web <http://phet.colorado.edu/en/simulations>. Se realizaron dos experiencias, la primera de circuito RC de corriente continua (E1) y la segunda de óptica geométrica (E2). Todos los estudiantes (39) realizaron la experiencia E1 y 12 estudiantes, la segunda experiencia (E2).

Ambas actividades se llevaron a cabo utilizando la plataforma Moodle y fueron asincrónicas para que todos los estudiantes pudieran realizarlas. Fueron habilitadas después del dictado de las clases teóricas y se elaboró una guía didáctica para los estudiantes. Con el objetivo de evaluar los preconceptos con que los estudiantes contaban, antes de las experiencias de laboratorio debieron responder un cuestionario (C1) antes de comenzar a trabajar con el simulador. Los ítems del cuestionario eran de opción múltiple, se indicaba a los estudiantes si la respuesta dada era correcta, pero —en caso de no acertar— no señalaba cuál era la opción correcta. Los estudiantes debían responder de forma individual en un tiempo máximo de 10 minutos. Luego de trabajar con el simulador respondieron un segundo cuestionario (C2). Este último tenía las mismas preguntas que el primero, pero fue configurado para que luego de responder cada pregunta, indicara cuál era la respuesta correcta. El objetivo del cuestionario (C2) fue analizar la influencia de las experiencias en el aprendizaje de los conceptos asociados a ella (ver anexo).

Finalmente, se analizó la eficacia de las experiencias con simulación mediante la comparación de los resultados obtenidos en los dos cuestionarios.

## III. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### A. Experiencia de circuito RC de corriente continua (E1)

Un 33 % de los estudiantes respondió correctamente las cinco preguntas del cuestionario 2, mientras que solo un 5 % lo hizo en el cuestionario previo a la experiencia con el simulador. La figura 3 muestra la cantidad de estudiantes que respondió correctamente al menos tres preguntas de ambos cuestionarios.



FIGURA 3. Cantidad de estudiantes que respondieron correctamente al menos tres preguntas en ambos cuestionario.

La figura 4 presenta el porcentaje de estudiantes que respondió correctamente cada pregunta en los dos cuestionarios. Se puede ver que el resultado de la experiencia fue favorable ya que la población mejoró notablemente el rendimiento al contestar las preguntas del cuestionario luego de trabajar con el simulador.

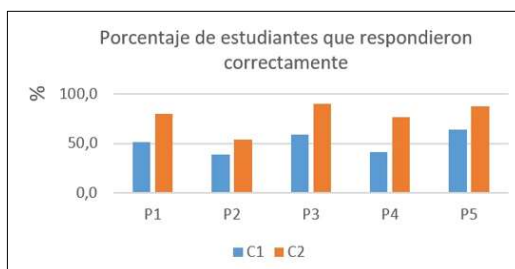


FIGURA 4. Porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente cada pregunta de los cuestionarios de la experiencia E1.

### Experiencia de óptica geométrica (E2)

Un 25 % de los estudiantes respondió correctamente todas las preguntas del C1, mientras que un 83 % lo hizo luego de trabajar con el simulador.

La figura 5 presenta el porcentaje de estudiantes que respondió correctamente cada pregunta en los dos cuestionarios. Esta experiencia también demuestra que trabajar con el simulador permitió a los estudiantes aclarar conceptos de la temática abordada, ya que los porcentajes de estudiantes que respondieron correctamente cada pregunta del (C2) fue superior a los obtenidos en el C1. La figura 6 muestra la cantidad de estudiantes que respondió correctamente al menos tres preguntas de ambos cuestionarios. Se puede ver que la totalidad de los estudiantes respondió correctamente al menos tres preguntas del C2.

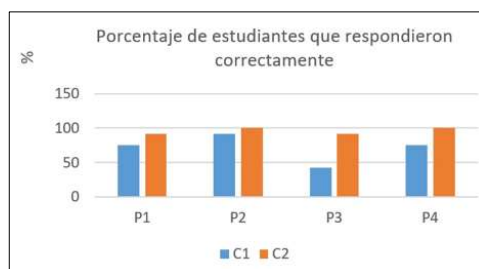


FIGURA 5. Porcentaje de estudiantes que respondieron correctamente cada pregunta de los cuestionarios de la experiencia E2.

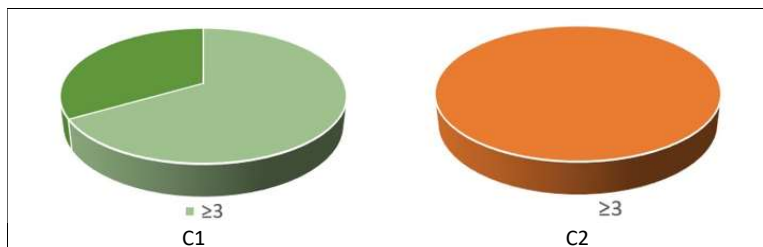


FIGURA 6. Cantidad de estudiantes que respondieron correctamente al menos tres preguntas en ambos cuestionarios.

#### IV. CONCLUSIONES

El aislamiento social, preventivo y obligatorio adoptado en nuestro país ante la pandemia de covid-19 nos obligó a reinventarnos e incorporar diferentes herramientas tecnológicas en la enseñanza. Se ha presentado una propuesta de incorporación de simulaciones en la modalidad de laboratorio virtual para favorecer el proceso enseñanza-aprendizaje en física.

A partir de los resultados del trabajo realizado podemos decir que las experiencias virtuales con simulador pueden ser utilizadas como una actividad alternativa a las tradicionales clases prácticas o de resolución de problemas. La incorporación de herramientas tecnológicas de uso diario y de simuladores en los que los estudiantes pueden manipular las variables del fenómeno en estudio son algunos de los factores que influyen positivamente en la motivación de los mismos y en su aprendizaje.

Los resultados de este trabajo son muy alentadores y consideramos muy importante la incorporación de experiencias con simulación como actividad complementaria a las insustituibles prácticas de laboratorio. Las experiencias virtuales permiten a los estudiantes comprender fenómenos físicos manipulando variables sin temor a equivocarse. Además, pueden trabajar individualmente en la experiencia con simulador, cosa que no ocurre en las experiencias de laboratorio donde el equipamiento es escaso para la gran cantidad de estudiantes en las materias de los primeros años de las distintas carreras de ingeniería.

#### REFERENCIAS

Amorin, T., Tapparo, L., Marranghello, N., Silva, A., Pereira, A. (2014). A multiple intelligences theory-based 3D virtual lab environment for digital systems teaching. *Procedia Computer Science*, 29, 1413–1422

Carnoy, M. (2004). Las TIC en la enseñanza: posibilidades y retos. *Lección inaugural del curso académico 2005*, 1-19.

Castillo, S. (2008). Propuesta pedagógica basada en el constructivismo para el uso óptimo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática. *Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa*, 11(2), 171-194.

Cuevas, F. F. (2018). La formación pedagógica y el uso de las tecnologías de la información y comunicación dentro del proceso enseñanza aprendizaje como una propuesta para mejorar su actividad docente. *Edmetec*, 7(1), 151-173.

Interactive simulations. <http://phet.colorado.edu/en/simulations>

Loor Alcivar, B. J., Chiquito Tumbaco, S. L. y Rodríguez Merchán S. M. (2017). Las TIC en el aprendizaje de la Física, *Revista Publicando*, 10(1), 429-438.

Norrie S. Edward (1996), Evaluation Of Computer Based Laboratory Simulation. *Computers & Education*, 26, 123.

Soto C. F., Martínez A. I. y Otero M. C. (2009). Ventajas del uso de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la óptica de los docentes universitarios españoles, *EDUTECH*, 29.

## ANEXO

### A. Experiencia de circuito RC de corriente continua (E1)

En la experiencia se analizó el proceso de carga y la descarga de un condensador en un circuito RC de corriente continua. La figura 1 muestra la configuración del circuito en el proceso de carga (a) y de descarga del capacitor (b).

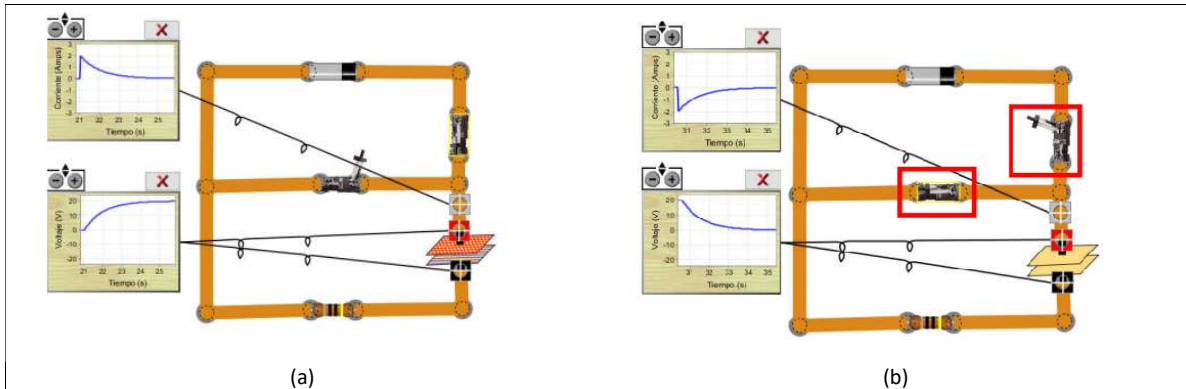
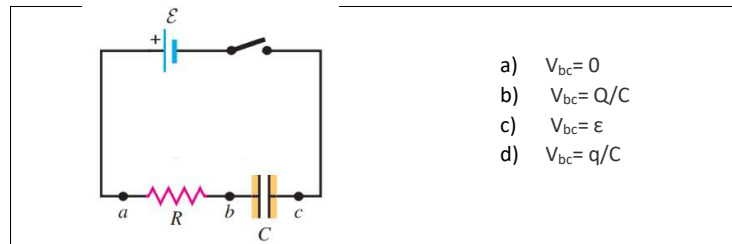


FIGURA 1. Circuito RC en proceso de carga (a) y descarga (b) del capacitor.

### B. Cuestionario 1 y 2. Experiencia de circuito RC de corriente continua (E1)

1. Se tiene un circuito serie RC (ver figura). En el instante en que se cierra el interruptor ( $t=0$ ), la diferencia de potencial del capacitor  $V_{bc}$  es:



- a)  $V_{bc} = 0$
- b)  $V_{bc} = Q/C$
- c)  $V_{bc} = \epsilon$
- d)  $V_{bc} = q/C$

2. Luego de un largo periodo de haber cerrado el interruptor, la diferencia de potencial en la resistencia  $V_{ab}$  es:

\*Sea  $i$  la corriente instantánea

- a)  $V_{ab} = V_{bc}$
- b)  $V_{ab} = \epsilon$
- c)  $V_{ab} = 0$
- d)  $V_{ab} = iR$
- e) Las respuestas c) y d) son correctas

3. En el proceso de carga, el condensador adquiere, al cabo de un tiempo,  $t = RC$ , una carga  $Q$ :

- a)  $Q = \infty$
- b)  $Q = 0,63C\epsilon$
- c)  $Q = 0,37C\epsilon$
- d)  $Q = C\epsilon$

4. Una vez cargado el capacitor se desconecta de la fuente y se cierra el circuito. La corriente que circula por el mismo:

- a) Es igual a cero
- b) Circula sentido contrario al que circuló en el proceso de carga
- c) Circula en el mismo sentido al que circuló cuando se cargó el capacitor
- d) Es de intensidad constante

5. Una vez que el tiempo es igual a  $RC$ , la corriente en el circuito:

- a) Se mantiene constante
- b) Ha disminuido a 0,37 de su valor inicial
- c) Ha disminuido a 0,63 de su valor inicial
- d) Ha disminuido a cero

### C. Experiencia de óptica geométrica (E2)

En la experiencia E2 se analizaron los fenómenos de reflexión, refracción y reflexión total interna. La figura 2 presenta una parte de la experiencia donde se observan los tres fenómenos al trabajar con un prisma de vidrio.

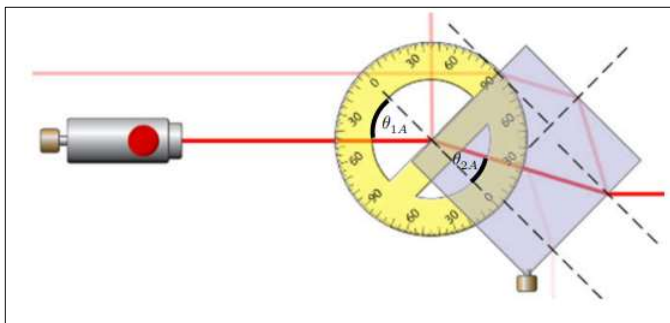


FIGURA 2. Reflexión, refracción y reflexión total interna en prisma de vidrio

### D. Cuestionario 1 y 2. Óptica Geométrica (E2)

1-Diga cuál de estas opciones es correcta

El ángulo de refracción es igual al ángulo de incidencia para todas las longitudes de onda y para cualquier par de materiales.

Para la luz monocromática y para un par dado de materiales, en lados opuestos de la interfaz, la razón entre los senos de los ángulos de los rayos incidente y refractado, donde los dos ángulos están medidos a partir de la normal a la superficie, es igual al inverso de la razón entre los dos índices de refracción.

Para la luz monocromática y para un par dado de materiales, en lados opuestos de la interfaz, la razón entre los senos de los ángulos de los rayos incidente y reflejado, donde los dos ángulos están medidos a partir de la normal a la superficie, es igual al inverso de la razón entre los dos índices de refracción.

2- Una superficie de discontinuidad plana separa dos medios de índices de refracción  $n_1$  y  $n_2$ . Si un rayo de luz incide desde el medio de índice  $n_1$ ; a partir de cierto ángulo se produce el fenómeno de la reflexión total, para ello se debe cumplir que:

- a)  $n_1 = n_2$
- b)  $n_1 > n_2$
- c)  $n_1 < n_2$

3-Cuando la luz pasa de un medio A a un medio B donde  $n_A > n_B$

- a) Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico el rayo se refleja por completo en la frontera de la superficie.
- b) Si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo crítico el rayo se refracta por completo en la frontera de la superficie.
- c) El ángulo de incidencia para el cual el rayo refractado emerge en forma tangencial a la superficie se llama ángulo crítico.
- d) a y c son correctas

4- El ángulo límite o ángulo crítico es:

- a) El ángulo entre el rayo incidente y la normal, para el cual el ángulo de refracción vale  $90^\circ$
- b) El ángulo entre el rayo incidente y la superficie de separación, para el cual el ángulo de refracción vale  $90^\circ$
- c) El ángulo entre el rayo incidente y la normal, para el cual el ángulo entre el rayo refractado y la superficie de separación vale  $90^\circ$