

# Laboratorio en la virtualidad

## Laboratories in virtuality

Eugenio Devece<sup>1,2</sup>, Martín Mizrahi<sup>2,3</sup>, Fabian Videla<sup>1,2,4</sup>, Ernesto A. Vilche<sup>2</sup>,  
Gonzalo M. J. Fernández Lobo<sup>2</sup> y Gabriel M. Bilmes<sup>2,4</sup>

<sup>1</sup>Unidades de Investigación, Desarrollo, Extensión y Transferencia, (UIDET IMApEC), Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Calle 1 y 47, CP B1900TAG, Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup>Cátedra Física I - Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, Calle 1 y 47, CP B1900TAG, Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), diag. 113 y 64 S/N, La Plata, Buenos Aires, Argentina

<sup>4</sup>Centro de Investigaciones Ópticas (CONICET-CIC-UNLP). Cno. Centenario 505/508 Gonnet, Buenos Aires, Argentina.

**E-mail:** [eugenio.devece@ing.unlp.edu.ar](mailto:eugenio.devece@ing.unlp.edu.ar)

### Resumen

En este trabajo se propone un laboratorio para ser realizado en el contexto de virtualidad, cuyo objetivo es determinar el tiempo de reacción medio de una persona, a partir de un estímulo visual y presenta los resultados obtenidos por algunos de los grupos que realizaron el laboratorio en la materia Física I, que se dicta en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, durante el 2do semestre del 2020, cuya evaluación incorpora las tendencias educativas actuales promovidas en nuestra Facultad en el marco de competencias.

**Palabras clave:** Laboratorio en virtualidad; Tiempo de reacción; Evaluación por competencias.

### Abstract

In this work, a laboratory is proposed to be carried out in the context of virtuality, the objective of which is to determine the average reaction time of a person, based on a visual stimulus and presents the results obtained by some of the groups that carried out the laboratory in Physics I, which is taught at the Faculty of Engineering of the National University of La Plata, during the 2nd semester of 2020, whose evaluation incorporates the current educational trends promoted in our Faculty within the framework of competencies.

**Keywords:** Laboratory in virtuality; Reaction time; Assessment by competencies.

## I. INTRODUCCIÓN

La Cátedra Física 1 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (FI UNLP) dicta contenidos de mecánica clásica, ondas, fluidodinámica y termodinámica. Durante el contexto impuesto por el aislamiento o distanciamiento (ASPO/DISPO), los laboratorios que eran realizados en forma presencial, debieron ser llevados a cabo por los estudiantes en sus respectivos hogares. Este cambio no sólo implicó transformar las experiencias, sino que también debieron ser adaptadas para garantizar el acceso de todos los estudiantes a los elementos necesarios para la realización de los laboratorios.

El primer desafío que se presentó fue pensar en una propuesta para la determinación experimental de una magnitud física que pueda ser realizada completamente en los hogares de los estudiantes. En este sentido la determinación experimental del tiempo de reacción medio de una persona ante un estímulo visual resultó muy interesante por varios aspectos. Primeramente, se comprobó que la experiencia podía ser realizada con elementos básicos que se podrían encontrar en la mayoría de los hogares, o podrían ser reemplazados por otros similares sin alterar la finalidad del laboratorio, lo cual era la prioridad de este desafío. En segundo lugar, la magnitud a ser medida dio origen a plantear discusiones acerca de cómo este tiempo de reacción puede afectarnos en nuestras vidas, por ejemplo, a la hora

de conducir un automóvil, cuánto espacio se recorre antes de accionar los frenos ante la visualización de una señal determinada. También es útil para plantear por qué en este caso el uso de un modelo simplificado (partícula y en ausencia de roce), puede ser utilizado como una muy buena aproximación para describir el comportamiento real del objeto bajo estudio.

Sí bien lo descrito en el párrafo anterior es la motivación principal, la propuesta de este tipo de trabajos tiene un potencial muy importante desde el punto de vista pedagógico, tanto para docentes como para estudiantes. En este sentido, se decidió emplear un enfoque de enseñanza-aprendizaje basado en problemas (Calderón Salas, 2011) y en un proceso de evaluación por competencias (CONFEDI, 2018) a modo de experiencia piloto orientada a acercar a las y los docentes a las nuevas metodologías evaluativas. En lo que respecta a la enseñanza-aprendizaje basado en problemas, esta propuesta intenta abarcar todas las aristas de este tipo de enfoque. Se pretende que las y los estudiantes tengan el rol principal en el desarrollo del Laboratorio, con la debida orientación de la guía de laboratorio y los docentes, pero siendo ellas y ellos los actores principales que realicen íntegramente el procedimiento, desde la búsqueda de los materiales más adecuados, hasta la realización de medidas y su posterior discusión a partir de los resultados obtenidos. Así mismo, se pretende que compartan entre ellos los resultados obtenidos, de esta forma en caso de haberse desarrollado/medido de forma incorrecta o errónea este intercambio podría conducir a una rápida identificación del problema y subsanarlo antes de presentar los resultados. De esta forma se está transfiriendo una cierta responsabilidad y autonomía al grupo de estudiantes por el valor de la magnitud determinada, y en realidad, por todo el proceso que llevó al resultado. Es por esto último que la elección del tiempo de reacción como magnitud a ser determinada es adecuado, ya que el mismo es un concepto fácil de comprender por quienes realicen la experiencia. Finalmente, este tipo de abordaje de la enseñanza es especialmente adecuado para la realización de Laboratorios, ya que el trabajo en grupo no sólo será necesario a la hora de realizar el procedimiento de medida, sino también posteriormente cuando se debe plasmar por escrito los resultados obtenidos y su interpretación. Es en este último punto, donde el empleo de documentos compartidos y editados en forma colaborativa por varios estudiantes en forma simultánea, constituyen un nuevo desafío para la realización de los informes, requiriendo por parte de los alumnos una etapa de aprendizaje informático extracurricular, pero sin lugar a ninguna duda, con un valor agregado alto.

En lo que respecta a incluir la evaluación por competencias, está pensado para comenzar a incorporar estas nociones en el Plantel Docente. Actualmente la homologación de los métodos de enseñanza en las Universidades es evaluada por algunos organismos nacionales que acreditan la calidad educativa impartida. Esto incluye la revisión de los contenidos y metodologías, reforzando la adquisición de competencias afines a la profesión de Ingeniería, así como aquellas referidas a su vinculación con la sociedad. En particular, en el área de Física se trabaja con el propósito de fortalecer la formación experimental en los estudiantes (Pesa, Bravo y Pérez, 2012), donde las experiencias de laboratorio constituyen un medio adecuado para ejercitar determinadas habilidades. Para esta propuesta se enfocó la evaluación por competencias en la capacidad presentada en los siguientes aspectos: la comprensión de consignas; el manejo de procedimientos de medida; la interpretación de resultados y posteriores conclusiones, el desenvolvimiento individual y como parte de un grupo, la elaboración de un informe escrito (claro, no redundante y sin errores de ortografía), los aportes originales propuestos a la metodología, etc. Como se ha demostrado este tipo de actividades refuerza los conceptos expuestos en la teoría y mejora la comunicación oral y escrita de los estudiantes. Finalmente, cabe mencionar que una evaluación por competencias, es una innovación, al menos en cuanto a lo que propone UNESCO (2016). Es importante destacar que el adecuado aprendizaje de un concepto apoyado en un proceso colaborativo de ejercitación y experimentación, así como en la correcta formalización de un informe técnico/científico, son un complemento significativo que conduce al estudiante no sólo a obtener un aprendizaje crítico y duradero, sino que además contribuye al proceso de “enseñar a pensar”.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

Los estudiantes trabajaron en grupos de 3 integrantes con la guía de trabajo que se describe a continuación

### A. Objetivo

Determinar el tiempo mínimo que transcurre desde que una persona recibe una información visual y produce una acción mecánico-muscular

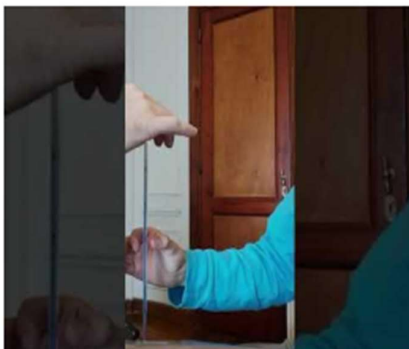
### B. Elementos Utilizados

Regla rectangular graduada de 20 cm de largo o más. Resolución: 1 mm

### C. Procedimiento

Esta experiencia se debe hacer de a dos (con otra persona que llamaremos ayudante).

1. El ayudante sostiene la regla (ver figura) por la punta tratando de colocar los dedos exactamente en la posición cero de la regla.
2. El alumno coloca sus dedos índice y pulgar muy cerca de la regla a 10 cm del extremo superior, de modo que esta quede en medio de ambos y al juntarlos pueda atraparla, como se se puede observar en la figura 1.



**FIGURA 1.** Disposición de los participantes de la experiencia. Imagen tomada del informe de uno de los grupos de trabajo.

3. En un momento al azar, y sin previo aviso, el ayudante debe soltar la regla, dejándola caer libremente.
4. En el preciso instante en que el estudiante perciba que la regla es liberada debe impedir que esta caiga, cerrando sus dedos. La distancia entre el cero de la regla (donde puso los dedos el estudiante) y donde el estudiante atrapa la regla luego de que se suelta, determina la distancia que recorrió la regla.
5. Si no logra atrapar la regla, el estudiante repite la experiencia colocando ahora los dedos en distintas posiciones de la regla, comenzando desde la posición 10 cm hacia abajo y avanzando de a 1 cm, hasta encontrar la posición a partir de la cual se puede atrapar siempre la regla.
6. Cada estudiante del grupo de trabajo, debe realizar el procedimiento del punto 1 al 5, 4 veces.
7. Confeccionar una tabla de resultados (tabla I) indicando los resultados obtenidos por cada integrante.

**TABLA I.** Ejemplo de tablas de resultados típicas diseñadas por los distintos grupos participantes de la experiencia. En cada tiro, cada estudiante coloca los dedos a la distancia de la regla indicada en la tabla y realiza cuatro intentos. Si atrapa la regla pone si y, si no la atrapa, coloca no.

Tiro	Distancia de la regla [cm]	Intento 1	Intento 2	Intento 3	Intento 4
1	20	Si	Si	Si	Si
2	19	Si	Si	Si	Si
3	18	Si	Si	Si	No
4	17	No	No	Si	Si
5	16	Si	Si	Si	Si
6	15	Si	Si	Si	Si
7	14	No	No	Si	No

8. Procesar los resultados teniendo en cuenta el siguiente marco teórico.  
Si la regla se modela como una partícula que cae en el vacío, al soltarla, esta se encuentra en caída libre, expresada por la ecuación

$$D = \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

donde  $g$  es la aceleración de la gravedad, en la ciudad de La Plata  $g = 9.79 \frac{m}{s^2}$

Si  $D_{min}$  es la distancia mínima recorrida a partir de la cual siempre se puede atrapar la regla, entonces a partir de la ecuación (1), se deduce la expresión:

$$t_{reacc} = \sqrt{\frac{2 \cdot D_{\min}}{g}} \quad (2)$$

donde  $t_{reacc}$  será el tiempo mínimo de reacción que transcurre desde que el alumno recibe la información visual y produce la acción mecánico-muscular para atrapar la regla.

La incerteza  $\Delta t$  individual, se determina mediante métodos de propagación de errores, partiendo de la ecuación (2), mientras que la incerteza  $\Delta T$  grupal, la calcularemos según la expresión:

$$\Delta T = (t_{\max} - t_{\min})/2 \quad (3)$$

donde  $t_{\max}$  y  $t_{\min}$  se obtienen por inspección de la tabla I.

Finalmente se debe expresar el valor de la medida  $t_{reacc}$  de la siguiente manera:  $t_{reacc} = t_{prom} \pm \Delta T$

9. Confeccionar el informe correspondiente siguiendo los lineamientos indicados en la guía de laboratorio.

#### D. Análisis de los resultados de la experiencia obtenidos por los alumnas y alumnos

Con los resultados de la tabla I, se determinó la distancia mínima ( $D_{\min}$ ) que obtuvo cada integrante del grupo y su posible incerteza. Esta última se puede obtener por ejemplo eligiendo un criterio de qué porcentajes de "sí" se consideran válidos entre 0 y 4.

Un aspecto a destacar es que algunos grupos de alumnos desarrollaron un procedimiento diferente para realizar las medidas. Este consistió en invertir la posición de la regla, de modo que el ayudante la sostiene en la máxima graduación (ej. 20 cm) y el estudiante pone sus dedos en la posición cero. La regla se suelta y la graduación donde es atrapada da la medida de  $D$ . Este procedimiento se repite varias veces y luego se realiza un promedio de los valores obteniéndose  $D_{\min}$  y su incerteza. Un ejemplo de los resultados obtenidos con este procedimiento se muestra en la tabla II.

**TABLA II.** Resultados obtenidos siguiendo un procedimiento diferente al propuesto en la guía que consiste en que el ayudante toma la regla en la posición de la graduación máxima y el estudiante coloca sus dedos en el cero (para más detalles ver texto).

Tirada del integrante 1	D [m]
1	0,17
2	0,15
3	0,12
4	0,10
5	0,10
6	0,10
7	0,10

Es importante destacar que un aspecto trabajado con los alumnos es el concepto de incerteza, ya que suelen utilizar erróneamente la palabra "error" para describir por ejemplo la dispersión de valores que se presenta en la tabla. De esta forma se busca que puedan incorporar un lenguaje técnicamente correcto. Para la determinación de las incertezas en el tiempo de reacción, además del procedimiento sugerido en la guía, se presentó a los estudiantes otras formas de determinar la incerteza, dependiendo del tipo de medida que haya sido realizada (directa o indirecta), así como también en función de la cantidad de medidas realizadas.

Algunos grupos motivados por el tema bajo estudio, decidieron investigar sobre las diferencias entre los tiempos de reacción observados, y para explicarlas decidieron correlacionarlos con algunos parámetros que sospecharon influyentes como: edad, capacidad visual, práctica de deportes, etc., para cada participante que realizó la experiencia.

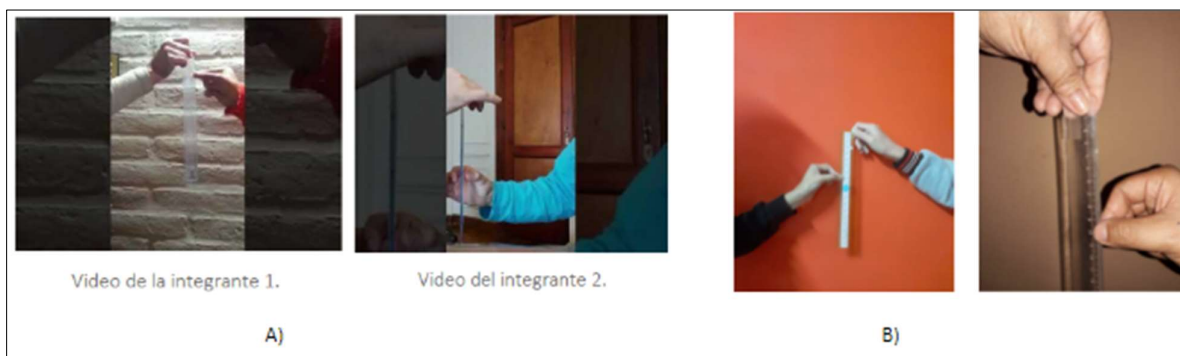
Con los resultados obtenidos por todos los integrantes del grupo se realizó la puesta en común obteniéndose un valor promedio del grupo, que luego fue comparado con valores hallados en internet. La tabla III es un ejemplo de cómo se volcaron estos datos.

En esta etapa se discutieron otras metodologías y experimentos realizados por otros autores, la consistencia de los modelos utilizados y las posibles causas en algunas de las discrepancias encontradas.

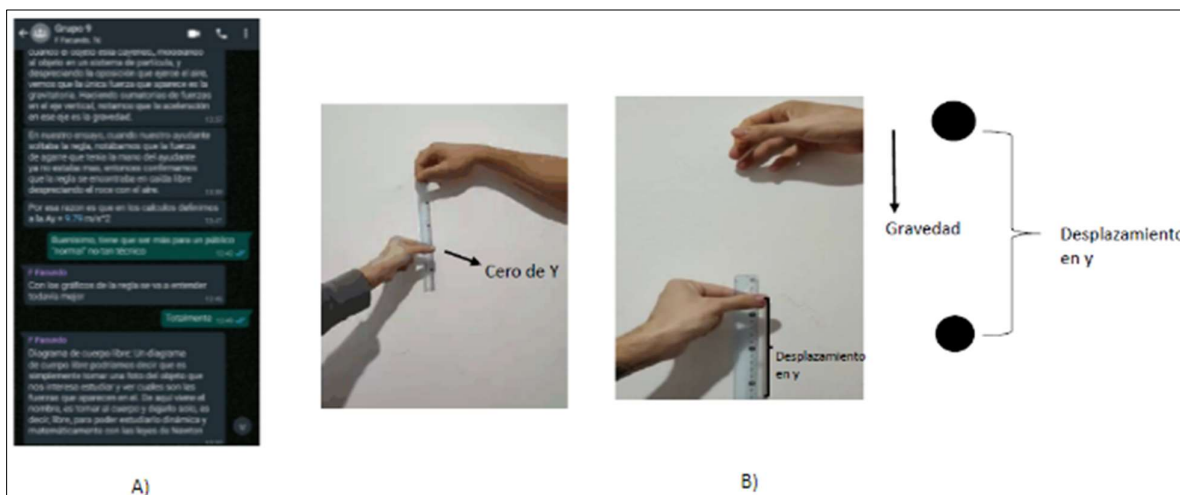
**TABLA III.** Tabla resumen realizada por uno de los grupos de trabajo, con los datos obtenidos por cada integrante del grupo y el promedio de los resultados.

Medida	$(D_{min} \pm \Delta D)$ [m]	$(t_{min} \pm \Delta t)$ [s]
Integrante 1	$0.14 \pm 0.04$	$0.17 \pm 0.03$
Integrante 2	$0.15 \pm 0.03$	$0.18 \pm 0.02$
Integrante 3	$0.17 \pm 0.04$	$0.19 \pm 0.02$
Promedio	$0.15 \pm 0.04$	$0.18 \pm 0.02$

Cabe destacar, que se solicitó a los estudiantes que incorporasen al informe archivos de texto con los debates realizados durante la realización del laboratorio, imágenes que permitieran capturar el momento del desarrollo de la experiencia, videos explicativos, etc. (para estos debates los alumnos utilizaron diversas plataformas, como WhatsApp, Meet, Zoom, Jitsi, etc.). A continuación, a modo de ejemplo, se presentan algunas imágenes enviadas por los distintos grupos de trabajo.



**FIGURA 2.** Material audiovisual producido por los estudiantes como parte de sus informes. En el bloque A se muestran capturas de video y en el bloque B, se muestran fotos que capturan detalles de la experiencia.



**FIGURA 3.** Material enviado por los estudiantes. Las imágenes en A, son capturas de pantalla del grupo de WhatsApp, en el cual los integrantes del grupo debatían acerca del laboratorio, y en el cual analizaron cuál era la mejor manera de llevarlo a cabo. En B, se pueden ver detalles de la metodología empleada para realizar la medida. Se pueden apreciar los instantes previos y posteriores al soltado de la regla, y junto a ella, la explicación de cómo se realizaron los cálculos pertinentes.

Algunos grupos decidieron ahondar en la problemática tratada, desarrollando, por ejemplo, una descripción más exhaustiva acerca del concepto de “tiempo de reacción” explicando entre otros aspectos las distintas etapas que

transcurre el individuo, previo a la reacción, los elementos que pueden favorecer o entorpecer la respuesta, o diferenciando los factores externos e internos que influyen en la persona que realiza la experiencia. De esta forma, algunos grupos pudieron asociar los diferentes tiempos de reacción obtenidos por cada uno de ellos, con por ejemplo la agudeza visual, las habilidades motrices previamente adquiridas, la edad, etc.

### III. EVALUACIÓN BAJO UN ENFOQUE POR COMPETENCIAS

La evaluación del trabajo de los alumnos se realizó utilizando un enfoque por competencias. Para ello se utilizaron dos rúbricas. Una para evaluar el informe escrito presentado por el grupo de estudiantes (rúbrica 1, tabla IV) y la otra para evaluar la presentación oral del grupo (rúbrica 2, tabla V)

**TABLA IV.** Rúbrica 1 para la valuación del trabajo grupal escrito bajo un enfoque por competencias.

Desempeño en	Buena	Media	Mala
Escritura	Sin faltas de ortografía. Claros en las explicaciones. Sin información repetida	Con faltas de ortografía, no son suficientemente claros, o repiten información	Con faltas de ortografía, no son suficientemente claros, y repiten información
Trabajo grupal	Trabajo colaborativo. Participación de todos en cada parte del trabajo.	Trabajo colaborativo. Participación a medias en cada parte. Se dividieron las partes por persona.	Trabajo no colaborativo. Todo recayó sobre un integrante, o hubo poca interacción.
Cálculos y manejo de unidades	Los cálculos están explicitados, se observa claramente cómo se realiza cada cálculo. Trabajan adecuadamente con las unidades	Los cálculos están parcialmente explicitados, se observan errores mínimos en las unidades	Los cálculos no son explicados, y presentan errores graves en las unidades,
Claridad en la conclusión	Claro y conciso	Claro, pero no muy conciso, explican cosas que deberían incorporarse en otros espacios	No concluyen, o no se entiende

Mediante la rúbrica 1, se pudo evaluar el grado de desarrollo alcanzado por los alumnos en la adquisición de ciertas habilidades tales como la capacidad de expresar ideas en forma escrita, el manejo de un adecuado lenguaje para la comunicación tecno-científica, la capacidad para poder describir modelos, el manejo y la presentación adecuada de resultados y el grado de disposición para la realización de trabajo grupal.

La rúbrica 2 se utilizó para evaluar las exposiciones orales. Esta instancia está pensada para que los estudiantes aprendan a transmitir su trabajo en forma oral y puedan explicitar sus ideas con claridad y expresarlas en un lenguaje apropiado. La rúbrica permite establecer qué función tuvo y que aportes realizó cada estudiante, como fue el desempeño grupal y que grado de manejo tienen los integrantes de recursos audiovisuales y virtuales.

**TABLA V.** Rúbrica 2 evaluación bajo un enfoque por competencias, de la instancia sincrónica

Desempeño en	Buena	Media	Mala
Individual	Participación acorde	Participación parcial	Sin participación
Exposición oral	Buen conocimiento de los temas, y claro desarrollo de lo realizado	Conocimiento parcial de lo realizado, buen desempeño de los conceptos teóricos.	Poco conocimiento de lo realizado, y de los sustentos teóricos del laboratorio.
Exposición oral grupal	Se percibe un trabajo conjunto. Todos entienden y comprenden lo realizado en cada etapa.	Se percibe que alguno de los participantes tuvo una posición de liderazgo. Todos comprenden lo realizado en cada etapa, y pueden sacar sus conclusiones de los resultados.	Se percibe posición de liderazgo, y poco conocimiento por parte del conjunto de los integrantes.
Utilización de medios virtuales	Frecuente y equilibrada a nivel grupal	Poco frecuente, se nota preponderancia en la comunicación desde algunos de los integrantes	Pocos días de trabajo, y no hay sustento de trabajo grupal

#### IV. CONCLUSIONES

En base a la experiencia recogida con esta actividad se concluye que aún en las difíciles condiciones de cursar virtualmente, producto de la pandemia iniciada en 2020, laboratorios no presenciales como el presentado en este trabajo permiten un buen acercamiento de los estudiantes al trabajo experimental. Por otro lado, se pudo observar que quienes realizaron activa y comprometidamente este laboratorio lograron adquirir conocimientos que facilitaron la comprensión, asimilación y aprendizaje de otros temas asociados con los contenidos del mismo.

Las herramientas virtuales utilizadas para la comunicación entre ellos y con los docentes resultaron ser de suma utilidad para el proceso de enseñanza aprendizaje.

Resultó interesante el impacto generado en algunos estudiantes, que decidieron ahondar en los diversos contenidos del trabajo. En cuanto a la evaluación, la metodología utilizada, permite discernir qué función o aportes realizó cada estudiante, y su desempeño dentro del grupo. Por último, este tipo de laboratorios es importante para que los estudiantes aprendan a comunicar en forma oral y escrita con un lenguaje apropiado, el desarrollo de una experiencia científica.

#### REFERENCIAS

Calderón Salas, M. (2011). Aprendizaje Basado en Problemas. Reflexiones en torno a las competencias como objeto de evaluación en el ámbito educativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(2), 1-21.

Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI) (2018). Propuesta de Estándares de Segunda Generación para la Acreditación de Carreras de Ingeniería en la República Argentina. Universidad FASTA.

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

UNESCO. (2016). Texto 1: Innovación Educativa, Serie Herramientas de apoyo para el trabajo docente. Lima.