

# PROPUESTA DE MODALIDAD DE TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO PARA EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO

## PROPOSAL OF LABORATORY WORK FOR ELEMENTARY PHYSICS OF UNIVERSITARY LEVEL

Marisol Montino<sup>1</sup>, Silvia M. Pérez<sup>2</sup>, Diego Petrucci<sup>2</sup>, José Ernesto Ure<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ICI, UNGS

<sup>2</sup> IDH, UNGS y CEFIEC, FCEN, UBA.

J. M. Gutiérrez 1150. C.P. 1613, mmontino@ungs.edu.ar

### RESUMEN

Se presenta el proceso de diseño e implementación de dos trabajos prácticos de laboratorio. Ambos trabajos responden a un formato surgido a partir de la necesidad de evitar que los estudiantes los lleven a cabo mecánicamente, sin tener en claro el objetivo de la tarea. Las prácticas se inician con una pregunta que los estudiantes pueden responder, no necesariamente con certeza pero sí al menos concebir diferentes respuestas. Los estudiantes deben proponer los pasos a seguir para responder. De la evaluación de las implementaciones se desprende que los estudiantes se comprometieron con la tarea, haciendo suyo el objetivo del laboratorio. Finalmente se discuten las implicaciones de los resultados obtenidos.

**Palavras-chave:** trabalho pratico de laboratório, cursos universitarios de física, pesquisa exploratória, ojetivos do laboratório, ações no laboratório.

### ABSTRACT

We present the process of design and implementation of two laboratory works. The format of both labs emerges from the need to prevent the students from performing mechanically without knowing what the objective of the lab was. The lab starts with a question that the students can answer, not necessarily with certainty but can conceived different possible answers. The students have to propose what steps to follow in order to get an answer. After evaluating the first implementations we gather that the students were really involved with the work performed and that they were committed to the aim of the lab. We further discuss the consequences of the obtained results.

**Keywords:** laboratory work, physics university courses, exploratory research, teachers' views.

## **INTRODUCCIÓN**

En este trabajo presentamos el proceso de diseño e implementación de una modalidad de trabajo práctico de laboratorio (TPL) surgido a partir de criterios elaborados como resultado de nuestras investigaciones anteriores sobre la influencia de los TPL de física en la formación de estudiantes universitarios.

En la bibliografía consultada no suele discutirse qué es un trabajo práctico de laboratorio. Según Richoux (2003) “la estructura “clásica” de los trabajos prácticos se apoya sobre el hecho de poner a disposición de los estudiantes una ficha de actividades y aparatos adecuados para estudiar diferentes fenómenos, generalmente de forma cuantitativa (mediciones, tratamientos numéricos, modelización)”. Por su parte, Hodson (1994) nos presenta más de un tipo de TPL: “investigaciones personales poco estructuradas” y “ejercicios prácticos de acuerdo con un conjunto de indicaciones explícitas”.

Con respecto a los objetivos de los TPL en la bibliografía se encuentran listados que parecen coincidentes, pero no lo son tanto. Varios de ellos son cuestionados por distintos autores con sólidos argumentos, como presentamos en un trabajo previo (Petrucci et al., 2006). García Sastre et al. (1999) realizan un interesante resumen del estado del debate sobre el tema, con argumentos a favor y en contra de los TPL.

Según los resultados (Petrucci et al., 2006) obtenidos mediante entrevistas en el marco de una investigación exploratoria y cualitativa, los estudiantes universitarios tienen dificultades para comprender los objetivos planteados por el docente, para darle significado a las tareas que realizan y para llevarlos a cabo. Por otro lado los valoran como una herramienta de visualización, donde “ven” los conceptos explicados en el pizarrón. Además, aprovechan la instancia de redacción del informe como el momento de unificar y comprender lo que hicieron en el laboratorio.

La investigación continuó con la observación de dos grupos durante el desarrollo de un TPL y entrevistas posteriores. Allí detectamos que los estudiantes no utilizaron nunca criterios de validación internos (es decir recurriendo a la lógica o al saber disciplinar). Los criterios eran de tipo externo, apelando a una autoridad (el docente, un libro, la guía de trabajos prácticos o un compañero) (Montino et al., 2006).

A partir de estos resultados, diseñamos dos TPL, los implementamos, y analizamos los resultados obtenidos usando como fuente las observaciones de las clases y los informes.

## **CONTEXTO: LOS TPL EN LA UNGS**

La Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS) tiene su zona de influencia principalmente en la zona noroeste del segundo cordón del conurbano bonaerense. Después de aprobar el Curso de Aprestamiento Universitario (a modo de ingreso) los estudiantes cursan el Primer Ciclo Universitario (PCU), que tiene una duración de cinco semestres y ofrece diferentes Diplomas de Estudios Generales, entre ellos el de la Mención en Ciencias Exactas.

La primera materia de física que se cursa es Física General, en el segundo semestre de primer año. Es una materia que tiene un alto índice de recursantes (alrededor de 50%). El programa abarca la mecánica de la partícula. Las clases son teórico – prácticas y en ellas se realizan también los TPL.

## PROCESO DE DISEÑO DE LOS TPL

Al diseñar los TPL nos propusimos que los estudiantes se involucren con la tarea y que les represente un desafío. Para esto consideramos que el TPL debe consistir en una secuencia de tareas pautadas de modo que puedan ir entendiendo lo que hacen y que ellos mismos vayan tomando decisiones de modo no arbitrario, basadas en argumentos. Parecía apropiado comenzar con una pregunta a responder desde sus saberes previos, que fuera simple en su redacción y comprensible para ellos. El tema elegido ya había sido tratado en las clases, mediante explicaciones teóricas y resolución de problemas de lápiz y papel. De este modo se aprovecha la utilidad del TPL, identificada por los estudiantes, como instancia de visualización que favorece el aprendizaje.

Considerando que son los primeros TPL que desarrollan los estudiantes en la Universidad, es razonable que el tema involucrado sea sencillo y accesible, para permitir el acercamiento al trabajo en el laboratorio desde un lugar más familiar. La tarea no necesariamente debe implicar el uso de la matemática. Los alumnos pueden decidir si emplean algún modelo teórico y si realizan la experiencia de modo cualitativo o cuantitativo.

Inicialmente se plantea una pregunta a contestar por los estudiantes en forma individual. Luego, en grupos, deben comentar sus respuestas y diseñar una experiencia para contestar la pregunta. Así, los estudiantes deciden qué y cuántas mediciones tomar y cómo organizar la tarea. La función del docente es de coordinar, haciendo respetar el cumplimiento de las consignas, y de guiar u orientar; recorriendo los grupos, atendiendo las consultas. Como cierre, se realiza un plenario orientado a compartir lo realizado y exponer los resultados obtenidos para, por medio de un debate, llegar a una conclusión de toda la clase.

### Estructura de los trabajos prácticos

- 1- Descripción de una situación y planteo de una pregunta a responder de manera individual y escrita.
- 2- En grupos de 4 o 5 integrantes, cada uno cuenta su respuesta al grupo.
- 3- Cada grupo diseña una experiencia que permita responder la pregunta (o decidir entre las diferentes respuestas propuestas).
- 4- Realización de la experiencia.
- 5- Plenario y discusión: cada grupo cuenta lo que esperaba de su experiencia y qué resultado obtuvo.
- 6- Redacción del informe.

Las guías elaboradas para los estudiantes se presentan en los anexos.

## IMPLEMENTACIÓN

El primer TPL en ser implementado (Anexo II) se llevó a cabo en una comisión donde ya se habían realizado dos TPL con una estructura tradicional. La pregunta a contestar era:

*Desde una mesa se lanzan simultáneamente dos bolitas con distinta velocidad horizontal. ¿Cuál llega primero al suelo? ¿Por qué?*

Una vez contestada la pregunta individualmente, el docente les mostró el equipamiento con el que contaban para realizar la experiencia, dos cañoncitos con tres velocidades de salida cada uno.

En líneas generales los estudiantes se mostraron más activos que en los TPL anteriores. De los cuatro grupos que integraban la comisión, sólo uno manifestó escaso interés por la tarea. Los estudiantes de los otros tres grupos comenzaron a interactuar libremente con el equipo. Algunos disparaban simultáneamente los cañoncitos, variando las velocidades y observaban o escuchaban si caían al mismo tiempo. A partir de allí comenzaron a discutir y algunos concluyeron que deberían medir el tiempo de caída de cada bolita. En ese momento el docente les comentó la posibilidad de usar una fotopuerta (*photogate*) y una plataforma para medir el tiempo. Con este material, todos los grupos comenzaron a utilizar sólo un cañoncito y midieron el tiempo de caída de la bolita para las distintas velocidades de salida. Es una pauta que muestra que los alumnos asumían que los lanzamientos no deben ser simultáneos para poder comparar los tiempos.

El cuarto grupo, inicialmente lanzó las dos bolitas juntas una vez y al ver que una caía más lejos que la otra, concluyeron que llegaba al suelo primero la que tenía menor velocidad inicial y dieron por concluida su práctica. Cuando un docente les propuso que, sin mirar, escucharan el ruido de caída, percibieron un solo ruido y concluyeron: “si las miro cae una primero y si las escucho caen juntas”. Volviendo a dar por concluida la tarea sin más experimentación.

En el siguiente curso, se implementaron los dos TPL diseñados como primera y segunda práctica de laboratorio (Anexo I y II). En clases anteriores al primer TPL, se les había presentado a los estudiantes el material (pista, carrito y fotopuerta) y su funcionamiento, sin hacer referencia a ninguna experiencia en particular. El TPL comenzaba con la siguiente pregunta:

*Si inclinamos levemente la pista y dejamos caer el carrito desde el extremo a mayor altura. ¿Qué tipo de movimiento realiza el carrito (MRU o MRUV)?*

Esta vez la respuesta fue positiva en todos los grupos. Comenzaron a interactuar libremente con el dispositivo y luego comenzaron a idear posibles experiencias a realizar. Muchos grupos propusieron medir la velocidad media para diferentes distancias recorridas argumentando que si se obtenía siempre el mismo valor, el movimiento del carrito sería uniforme y en caso contrario sería uniformemente variado (sin considerar situaciones de aceleración variable). El surgimiento de este razonamiento puede haber sido favorecido por la formulación de la pregunta inicial que daba dos opciones de respuesta<sup>1</sup>. En aquellos grupos donde surgió esta propuesta, los docentes pidieron argumentos que justificaran si obtener diferentes valores para la velocidad media asegura que el movimiento sea uniformemente variado. Concluyeron que no era así. Posteriormente los grupos midieron varias posiciones y los tiempos en que éstas eran alcanzadas, para calcular las velocidades medias. Las compararon y al ver que eran diferentes descartaron la posibilidad de movimiento rectilíneo uniforme. Luego volcaron los datos a un gráfico (x, t) y observaron que la curva obtenida se asemejaba a una parábola y así afirmaron que el movimiento era uniformemente variado.

En el plenario final se comentaron los resultados de cada grupo. Se les pidió que hicieran un informe donde debían contar lo que habían hecho en el laboratorio. No se les indicó ninguna estructura con respecto al informe, sino sólo que relataran su experiencia. Los informes reflejaron fielmente lo que cada grupo había contado en su exposición final.

La segunda práctica implementada en el mismo curso tenía como pregunta inicial, nuevamente:

---

<sup>1</sup> Se decidió incluir las opciones para acotar el campo posible de respuestas, referidas a categorías de movimiento ya vistas en el curso.

*Desde una mesa se lanzan simultáneamente dos bolitas con distinta velocidad horizontal. ¿Cuál llega primero al suelo? ¿Por qué?*

En este caso la metodología propuesta ya no era nueva para los estudiantes. Comenzaron a probar con los cañoncitos, lanzando simultáneamente las bolitas a distintas velocidades. Un grupo comentó que mirar los confundía, por lo que decidieron escuchar sin mirar. Cuando se les preguntó *¿si miro cae una primero y si escucho caen juntas?* (por lo sucedido en la primera implementación) primero contestaron que sí y rápidamente dijeron que no, que sucedía lo mismo tanto si miraban como si escuchaban, sólo que “*mirar confunde*”.

Luego de lanzar varias veces las bolitas algunos grupos pidieron un cronómetro para medir los tiempos; sólo uno de esos grupos pudo obtener mediciones con el cronómetro, los demás no lograban medir, dada la rapidez del evento. En ese momento se les comentó sobre la existencia de la fotopuerta y la plataforma. Con este equipo realizaron mediciones y calcularon los promedios.

En el plenario final cada grupo comentó los valores obtenidos para cada velocidad de salida (todos los grupos lanzaron las bolitas desde una misma altura excepto uno que utilizó una mesa de menor altura). Si bien los promedios de los dos tiempos de caída obtenidos por cada grupo no eran exactamente iguales, no tomaron este resultado como un indicio de que las bolitas no llegaban juntas. Cuando llegó el turno del grupo que utilizó la mesa más baja se les preguntó cómo creían que debían ser sus mediciones y todos contestaron que los tiempos debían ser menores a los del resto de los grupos.

Antes de terminar la clase se les presentó una breve descripción de la estructura de un informe. Los informes entregados respetaron la estructura sugerida sin dejar de reflejar, nuevamente, los resultados obtenidos en el laboratorio y el plenario final.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En relación con los aspectos disciplinares de la tarea los resultados más importantes son:

- En ninguna de las tres implementaciones los estudiantes recurrieron a la teoría para contestar individualmente la pregunta inicial, ni posteriormente (recordemos que el tema ya había sido tratado). Únicamente lo hicieron en el TP 1 (el de la rampa) al momento de decidir cómo analizar los datos ya medidos. Por su parte, en el TP 2, los estudiantes afirmaron que desde una menor altura obtendrían menores tiempos, evidenciando la noción de que el tiempo de caída depende de la altura. Estos resultados, más al estilo de las encuestas sobre nociones alternativas (Driver et al., 1989) pueden estar relacionados con el tipo de tarea planteada. Es interesante cómo durante el desarrollo de la tarea comenzaron a relacionar la experiencia en cuestión con algunos elementos de la teoría.
- No siempre resulta evidente para los estudiantes que se pueden efectuar mediciones repitiendo el experimento cambiando alguna variable y comparar los resultados sin necesidad de que los eventos sean simultáneos. Es un aspecto a tener en cuenta al momento de diseñar TPL.
- En el análisis de lo ocurrido con el grupo que dio por terminada la tarea rápidamente, se evidenció que aquello que es visto como una contradicción por los docentes no siempre lo es para los alumnos. Esta cuestión ha sido ampliamente discutida en las investigaciones sobre la coherencia en las nociones alternativas (Driver et al., 1989).

- Los estudiantes afirmaban que ambas pelotitas llegaban juntas al suelo aunque los tiempos que habían medido eran diferentes. Esto sería un indicador de que los estudiantes estarían empleando una noción de incertidumbre intrínseca a la medición y aplicando criterios propios para decidir si dos valores diferentes pueden considerarse iguales, aunque no puedan explicitarlo.

En relación con aspectos actitudinales:

- En las tres implementaciones se obtuvo un alto grado de participación y compromiso por parte de la mayoría de los estudiantes. Este resultado puede deberse a que la estructura de los TPL permite que los estudiantes hagan suyo el objetivo desde el inicio de las tareas. El objetivo del trabajo es contestar una pregunta que los estudiantes inicialmente pueden responder, no necesariamente con certeza pero sí al menos concebir diferentes respuestas, en las que se ponen en juego sus saberes previos. De este modo se logró superar una de las dificultades halladas en la investigación previa.
- Si bien la respuesta de la mayoría de los estudiantes fue positiva, hubo algunos que no se involucraron con la propuesta, tal vez debido a que la pregunta no significaba un problema para ellos, porque no llegaron a entender cuál era el sentido de contestarla o por otros motivos probablemente externos a la asignatura.

Nuestras indagaciones anteriores indican que los estudiantes sólo logran entender el sentido de lo que han hecho durante un TPL con formato tradicional al momento de redactar el informe. Por su parte, el formato de laboratorio propuesto favorece que los estudiantes puedan darle sentido a las actividades en el momento de desarrollarlas. Esta afirmación se basa en que los estudiantes tomaron decisiones durante el transcurso del trabajo, en función del objetivo del mismo y en que los informes reflejaron la discusión del plenario final, es decir que fueron escritos sinceramente, sin el objetivo de contestar lo que suponían que el docente esperaba por respuesta. Este resultado difiere del habitual en cursos de Física, en la que los informes no reflejan el proceso seguido por el grupo, sino que se relata lo que suponen que debía ocurrir. Es una pauta de que en estas implementaciones se modificó la actitud de los estudiantes, puesto que se apropiaron de la experiencia y se sintieron libres de relatar lo ocurrido.

Si bien el formato de TPL se plantea como interesante, no creemos que sea posible extenderlo a todos los TPL de Física de la Universidad. En particular, hay laboratorios que por los objetivos que se proponen deben ser estructurados de un modo más tradicional. Esto ocurre por ejemplo cuando el objetivo es la formación de hábitos de trabajo en un laboratorio (manipular material de laboratorio, reglas de seguridad, etc.). Durante el desarrollo de esta investigación se encontraron algunas propuestas de TPL con una estructura similar a la aquí presentada. Una de ellas (Andrés y Pesa, 2004; Andrés et al., 2006) es estudiada desde la perspectiva teórica de los campos conceptuales de Vergnaud (Moreira, 2002). El TPL propuesto allí, si bien tiene una estructura similar, resulta mucho más extendido en el tiempo.

Los TPL propuestos en este trabajo tienen otras fortalezas además de las ya señaladas (poner en juego las nociones alternativas, alto grado de participación y compromiso). Son de sencilla implementación en cuanto a materiales y recursos necesarios y se implementan en sólo una clase de cuatro horas. Se evitan así algunas de las dificultades que los docentes suelen señalar en las propuestas innovadoras surgidas de la investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

Andrés, M. M. y Pesa, M. A. Conceptos-en-acción y Teoremas-en-acción en un Trabajo de Laboratorio de Física. *Revista Brasileira Pesquisa em Educação em Ciências*. Brasil, 4, 1, 59-75, 2004.

Andrés Z., M. M., Pesa, M. A. y Moreira, M. A. El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales. *Ciência e Educação*, 12 2, 129-142, 2006.

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata, 1989.

Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 3, 299-313, 1994.

García Sastre, P., Insausti, M. J. y Merino, M. Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de física en el nivel universitario, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 3, 533-542, 1999.

Montino, M., Petrucci, D. y Ure J. *¿Magia o Física? Los estudiantes universitarios y los trabajos prácticos de laboratorio*. Memorias del 8<sup>vo</sup> SIEF (Editado en CD). Gualeguaychú, 367-375. 12 de 2006. ISBN 10 950-698-182-5.

Moreira, M. A. La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7 1, 2002.

Petrucci, D. y Ure, J. *La visión de estudiantes universitarios sobre los trabajos prácticos de laboratorio de física*. Memorias del Xmo Epef (en prensa, a editarse en CD), Londrina, Paraná, agosto de 2006.

Richoux, H. Y Beaufils, D. La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores, *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 95-106, 2003.

## **ANEXO I**

### **1<sup>er</sup> TPL Física General**

1- Familiarizarse con el equipo, jugar un rato, y preguntar para saber sobre el funcionamiento de los distintos componentes.

2- Encuesta individual.

Si inclinamos levemente la pista y dejamos caer el carrito desde el extremo a mayor altura.

¿Qué tipo de movimiento realiza el carrito (MRU o MRUV)? \_\_\_\_\_

3- En grupos de 4 o 5 integrantes.

Comentar lo que cada uno respondió a la pregunta inicial.

Que mediciones se pueden hacer para decidir cual es el tipo de movimiento, justificando las decisiones tomadas.

4- Realizar las mediciones.

5- Preparar una exposición del trabajo realizado.

6- Puesta en común. Cada grupo cuenta las mediciones que hizo, porque las propuso y que resultados obtuvo.

7- Plenario final y discusión de resultados.

## **ANEXO II**

### **2<sup>do</sup> TPL Física General**

Desde una mesa se lanzan simultáneamente dos bolitas con distinta velocidad horizontal.

1- En forma individual, responda por escrito

¿Cuál llega primero al suelo? ¿Por qué?

---

---

2- En grupos de 4 o 5 integrantes.

Cada integrante cuenta su respuesta al grupo

3- Entre todos diseñan y realizan una experiencia.

4- Plenario final y discusión de los resultados.

Cada grupo cuenta lo que esperaba de su experiencia y que resultado obtuvo.

5- Informe en casa.

a- pregunta inicial y discusión grupal y plenaria

b- la experiencia realizada y elementos utilizados

c- resultados obtenidos

d- conclusiones