

# Trasladar el Aula al Laboratorio

**Resumen:** La certificación y acreditación de las carreras de Ingeniería, iniciadas mediante la ley 24.521 de Educación Superior, han implicado el análisis exhaustivo de todas las instancias de formación de los futuros profesionales. Conjuntamente, es menester mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de Física, acercando a los alumnos al método científico. En la FRRa se presentan dos dificultades: la escasa disponibilidad de equipos de laboratorio y el limitado presupuesto para su adquisición, provocando que las experiencias sean repetitivas o sean realizadas demostrativamente por el docente. Este proyecto propone reelaborar las propuestas de laboratorio y diseñar equipamiento didáctico que posibilite introducir modificaciones en los trabajos prácticos planteados, que contribuyan a mejorar la comprensión de los contenidos curriculares relacionados con la Física, revalorizando las prácticas experimentales actuales en función del equipo existente. A la fecha se han introducido los primeros cambios, obteniéndose muy buenos resultados.

**Palabras Claves:** física; experiencias; equipamiento; laboratorio.

**Abstract:** The certification and accreditation of engineering courses at University, initiated by the Superior Education Act 24.521, has involved a detailed analysis of all the training instances for future professionals. At the same time, it is necessary to improve the processes of teaching and learning Physics in order to introduce students to the scientific method. At the FRRa there are two problems: the limited availability of laboratory equipment and the limited budget for purchases, which makes experiences repetitive or forces the lecturers to carry them out just as a demonstration. This project proposes to re-elaborate the laboratory proposals and design training equipment which enables amendments to proposed practical work, contributing to improve the understanding of the curriculum content related to Physics, revaluing the current experimental practices based on existing equipment. To date, the first changes have been introduced and the results were good.

**Keywords:** Physics; experiences; equipment; laboratory.

**Jezabel Bianchotti, Emanuel Bianco**

Facultad Regional Rafaela (FRRa), UTN

Mail: jezabelbianchotti@gmail.com - emanuelbianco96@gmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Ing. Adriana Lescano, en el marco del proyecto "Enseñar y Aprender Física en el Laboratorio" (2016 – 2017).

## INTRODUCCIÓN

Las estadísticas señalan que aproximadamente la mitad de los jóvenes que estudian Ingeniería en Argentina lo hacen en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), razón que permite afirmar que a futuro, el típico ingeniero de nuestro país será graduado de UTN. Esta circunstancia posibilita aseverar que la calidad de la Ingeniería argentina futura depende, en gran medida, de la calidad de la formación que imparte esta Universidad. (Sobrevila, 2003).

Hoy en día, es cada vez más evidente la necesidad de formar ingenieros competentes, que puedan desenvolverse eficiente y eficazmente en su especialidad. Para lograr este objetivo, e incluso incrementar la cantidad de estudiantes sin resignar calidad educativa, se está llevando a cabo un minucioso proceso de evaluación y mejora de estas carreras. Sin embargo, como el mismo tiene una duración prolongada, y no siempre llega a cumplir sus objetivos, se deben detectar los problemas antes de llegar a estas instancias.

En el presente trabajo, se aborda uno de estos inconvenientes: el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura Física I, mirándolo no sólo desde el punto de vista curricular, sino como un todo que incluye y da un lugar importante a la experimentación, sabiendo que lo que se está enseñando es una ciencia empírica por naturaleza, y que representa una de las bases sobre las que se asienta la Ingeniería.

Las propuestas se realizan con el fin de conseguir una mejora en los procesos de enseñanza y aprendizaje de ciencias, para que el estudiante desarrolle contenidos conceptuales y procedimentales relacionados con la metodología científica.

La consigna para el grupo de investigadores es aumentar la cantidad de experiencias propuestas, las variables a analizar y relación entre ellas. Esto con el fin de lograr que, cuando los trabajos sean provistos a los

estudiantes, los mismos logren tener una visión integral de los contenidos dados hasta el momento en que se efectúan los ensayos.

Asimismo se busca la participación activa de todos los alumnos durante las prácticas de laboratorio y el incremento de la relación equipamiento/alumno, del laboratorio de Física de la FRRa.

## ESTADO DEL ARTE MARCO TEÓRICO

### Contexto nacional

Es conocido que la educación en Argentina ha alcanzado horizontes de calidad alarmantes en todas las instancias. El nivel universitario, si bien se esfuerza por ser la excepción, no siempre lo logra, ya que debe ocupar los limitados horarios de las cátedras en inculcar conocimientos que deberían haberse provisto en etapas anteriores de formación (entiéndase nivel secundario y ciclo de ingreso). Sin embargo, esto no es suficiente, ya que muchos alumnos ni siquiera entienden la explicación teórica escrita ni las situaciones propuestas, como para poder imaginarlas y aplicar lo dictado en clases (Infobae, 2016).

Lidiar con estas circunstancias no es sencillo, por lo que se trata enfáticamente de asegurar la calidad educativa universitaria, sometiendo a las carreras de Ingeniería a un proceso íntegro de certificación y acreditación. En orden de lograr que este proceso cumpla fielmente sus objetivos, se ha hecho un análisis minucioso sobre todas las instancias de formación universitaria de los estudiantes, focalizándose en los contenidos dictados en los distintos espacios curriculares, la infraestructura de las Casas de Estudio y los equipos disponibles para la formación de los alumnos; entendiéndose que éstos son los cimientos sobre los que se asienta un proceso de enseñanza-aprendizaje óptimo.

En función de ello, el trabajo tiene en cuenta las corrientes cognitivas del aprendizaje y los enunciados de Ausubel, Pozo y Novak que han analizado los conceptos de desarrollo cognitivo, aptitud intelectual, inteligencia y pensamiento formal en el ámbito educativo. Con base en estas teorías los diseños de las experiencias de laboratorio tienen en cuenta lo enunciado por Ausubel respecto a que los materiales deben poseer significados en sí mismos, es decir, que no presenten una relación simplemente asociativa entre sus partes, sino que posea una estructuración lógica y organización adecuada de los contenidos de forma tal que los alumnos logren la comprensión de los conceptos y puedan transferirlos. (Ausubel, 1986)

Cada una de estas actividades se alinea cabalmente con lo enunciado por CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería), institución que identificó y precisó las cualidades necesarias y específicas del Ingeniero, refiriéndose puntualmente a lo disciplinar y a las competencias del ingresante de nivel medio que aspira a serlo. Es por ello que considera de vital importancia que cuente con herramientas cardinales “para el desarrollo del pensamiento crítico, de competencias comunicativas, habilidades para resolver problemas, tomar decisiones, adaptarse a los cambios, trabajar en equipo y desarrollar el pensamiento lógico y formal” (CONFEDI, 2006), siempre orientado a darle un carácter dinámico que le permita desenvolverse en un contexto en que los avances científicos y tecnológicos son constantes y cada vez más acelerados.

Indudablemente el objetivo fundamental es formar personas que no sólo absorban, procesen y empleen sus conocimientos para atravesar su vida universitaria, sino que los incorporen, interpreten y generen para, desde su rol, contribuir a la sociedad en su conjunto, sabiendo que son pilares fundamentales para su desa-

rollo. Además, implícita aunque conscientemente, se busca que quienes estudian este tipo de carreras sean ciudadanos y profesionales responsables, que marquen el rumbo a una sociedad ávida de progreso en todos los ámbitos. (Luna, 2016).

### **Situación de la FRRa**

En cuanto a la situación de UTN FRRa, durante el proceso de autoevaluación realizado periódicamente, se ha examinado exhaustivamente el ciclo de formación básica, comprendiendo que el mismo es la base para que los educandos posean conocimientos generales fuertemente arraigados, que les permitan comprender racionalmente el origen de los fenómenos que se estudian durante las asignaturas de sus respectivas especialidades y que, sin dudas, se presentarán durante el ejercicio de su profesión.

Si bien las aspiraciones enunciadas tienen un fin genuino, el contexto suele convertirse en un férreo limitante. Reconociendo que la ingeniería coloca sus cimientos sobre ciencias empíricas, en las cuales se aprende más haciendo, la experimentación – con equipos de laboratorio adecuados – se torna imprescindible. Sin embargo, esta tarea se dificulta ya que tanto éstos como sus componentes son importados y de complicado abastecimiento, lo que deriva en una alta inversión que no siempre las universidades pueden afrontar.

Para sortear esta problemática, se ha decidido elaborar equipos propios que cumplan con los requerimientos de los planes de estudio de UTN, las necesidades específicas de la FRRa y puedan adaptarse al material existente sin mayores complicaciones, al mismo tiempo se ha resuelto aumentar la relación equipamiento-alumno, incorporar nuevas herramientas o darles un nuevo uso a otras existentes.

## El problema observado

Reiterando el concepto de que Física es una base fundamental en el desarrollo de una carrera ingenieril, lo que se busca es mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje, sembrando en los alumnos el afán de incrementar los conocimientos por medio de la experimentación y desarrollo del método científico. Todo esto con el objetivo de que el conocimiento pueda aplicarse a lo largo de toda la carrera y la vida profesional, cuestión que, por más obvia que resulte, no siempre se cumple.

Por otra parte, se trata de proponer una mejora en la forma en la que se les enseña esta ciencia, enfocada en los estudiantes, quienes podrán autogenerar los conocimientos haciendo uso de sus sentidos, sus saberes previos y su pensamiento crítico y racional. Es decir, podrán aprender haciendo y relacionando, lo cual representa una experiencia enriquecedora y mucho más entretenida, que hasta puede resultar lúdica (Schank, 2013).

Esto último es lo que se busca: diversos estudios han demostrado que aquellas situaciones en las que interviene alguna emoción, en las que la persona participa activamente, son almacenadas en la memoria de forma mucho más eficiente (Manes y Niro, 2014). Si a esto se agregan los aspectos conceptuales y actitudinales de la actividad propuesta en cada caso, se incrementarán las posibilidades de lograr un óptimo proceso de enseñanza-aprendizaje.

A pesar de estos esfuerzos, existe un limitante: el equipamiento actual de la FRRa. Si bien cuenta con amplia gama de equipos, de diversos fabricantes (Pasco, Phywe, entre otros), no existe más que uno o dos por cada contenido. Además, el software controlador de los mismos es obsoleto, o bien no funciona con los nuevos sistemas operativos de las computadoras a las que se conectan.

Esta realidad contrasta con los grupos de alumnos, que

cada vez son más numerosos, superando, en los últimos años, el centenar. Todo esto confluye en que se fragmente cada comisión en grupos muy reducidos, con lo que esto genera: repetición de las experiencias para que todos los alumnos puedan tomar contacto con el instrumental, pérdida de la armonía en la clase, y dificultad para compartir el conocimiento. Incluso, algunas experiencias son llevadas a cabo por los docentes de forma demostrativa, sabiendo que no es la manera recomendable para trabajar con una ciencia experimental que, como se mencionó anteriormente, se aprende haciendo.

El desarrollo del trabajo de investigación se divide en dos importantes etapas, de las cuales se está concretando la primera, ejecutando firmes pasos en pos de lograr eficazmente las metas planteadas, que permitirán el cumplimiento de objetivos mayores.

## Objetivos

Acorde a lo mencionado en las secciones anteriores, los lineamientos sobre los que se rige la presente investigación son:

- Presentar la reelaboración de los trabajos prácticos, ahora orientados al logro de competencias transversales.
- Mostrar los nuevos equipos producidos que permiten el abordaje de todos los contenidos programados.
- Demostrar mediante la evaluación el impacto de los cambios realizados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura Física I.

## METODOLOGÍA

En una primera etapa las acciones se centraron en la búsqueda de antecedentes y análisis bibliográfico. Se realizó un relevamiento del equipamiento existente y de los trabajos de laboratorio de la institución. A partir de

ello se elaboró un informe comparativo de la cantidad de ejes temáticos, los prácticos existentes para cada uno de ellos y los faltantes de cada guía, de tal forma que se respeten los formatos.

En la segunda etapa, que se llevará a cabo el año próximo, a partir de los avances logrados durante el corriente, se prevé elaborar nuevo equipamiento de bajo costo para desarrollar distintos trabajos prácticos en pro de optimizar el proceso didáctico de las asignaturas Física I y Física II.

### Trabajo de campo

A partir de la realización de una búsqueda bibliográfica y el análisis de antecedentes relacionados, se tuvieron a disposición los fundamentos didácticos necesarios para una evaluación de las propuestas de los docentes en relación a los trabajos prácticos, que ha sido útil como punto de partida y líneas de acción.

Simultáneamente se realizó un relevamiento físico de todos los equipos presentes en el laboratorio de Física de UTN FRRa y de los prácticos desarrollados en los últimos tres años, con la finalidad de documentar y cotejar la información hallada con los contenidos programáticos, los equipos de laboratorio y los trabajos prácticos propuestos.

El trabajo realizado posibilitó clasificar los prácticos y equipos por eje temático detallando las características técnicas básicas, el uso específico dado, el tiempo necesario para la experiencia, la factibilidad de adaptación a nuevos trabajos prácticos de diversos temas, y determinar las necesidades de complementar equipos existentes y de desarrollar nuevos equipos.

Una etapa importante consistió en estudiar minuciosamente cada equipo con el fin de observar si se están aprovechando todas las potencialidades que ofrece,

además, se analizó la posibilidad de generar e incorporar nuevas partes y el modo de ensamblarlas para que sirvan a nuevas experiencias.

Durante el trabajo de campo se rediseñaron cuatro prácticos de laboratorio y se realizó una prueba piloto de un equipo, como el que muestra la FIGURA 1, que ya se incorporó a los trabajos prácticos relacionados con cinemática de la partícula y, en caso de que las pruebas arrojen resultados satisfactorios – precisos y reproducibles –, se prevé utilizarlo para realizar experiencias con colisiones bidireccionales y energía mecánica.

Debido a que el proyecto lleva pocos meses de trabajo y el dictado de la materia se produce durante el segundo cuatrimestre, se han podido realizar evaluaciones parciales relacionadas al impacto de las nuevas prácticas y el equipo desarrollado. Para las mismas se tuvo en cuenta la percepción de los docentes que trabajan con las nuevas propuestas pedagógicas. Ellos se basaron en experiencias prácticas de años anteriores y en encuestas a alumnos correspondientes a cohortes previas. No se ha tomado, hasta ahora, la opinión de los alumnos actuales, ya que se trata de materiales en fase de pruebas, que están siendo ajustados para cumplir con los objetivos para los que fueron diseñados; al finalizar el ciclo lectivo se realizará la primera encuesta a estos estudiantes, la cual se contrastará con la opinión de los docentes y las calificaciones finales de los alumnos.



Fig. 1: Prototipo de equipo de laboratorio.

## TRABAJO DE LABORATORIO

Partiendo de la base de que generar un cambio de mentalidad en la forma de construir conocimiento sin que ello genere una resistencia significativa, es siempre un desafío importante, se considera necesario que dentro del laboratorio se den dos situaciones:

- Que los alumnos sean parte activa durante todo el desarrollo de cada uno de los prácticos, incentivando el aprendizaje por descubrimiento.
- Que las guías de trabajos prácticos enfoquen al alumno en qué es lo que deben obtener o demostrar en dicho ensayo, permitiéndole establecer relaciones claras entre teoría y práctica y las variables evaluadas.

En la FIGURA 2 se puede observar parte del material existente actualmente en el laboratorio.

El estudio realizado durante esta etapa ha permiti-

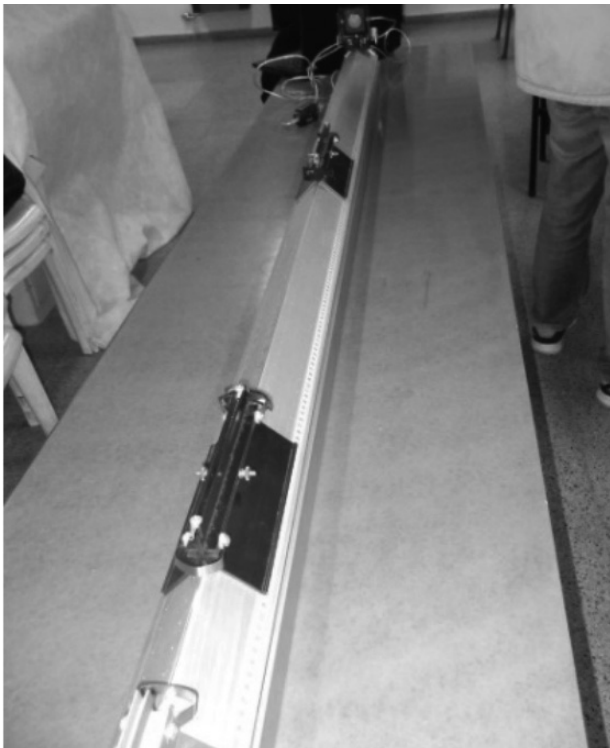


Fig. 2: Fotografía del material de laboratorio. Riel de aire Pasco.

tido realizar modificaciones en algunos equipos con el fin de aumentar el número de prácticos programados.

Además cada experiencia adicional permitirá dividir a los alumnos en grupos más pequeños de trabajo favoreciendo la eliminación de los prácticos demostrativos y la participación de todos los estudiantes; por otra parte, se lograría que, más allá del reducido espacio físico con que cuenta el laboratorio, múltiples grupos (no más de cuatro) desarrollen sus trabajos de forma simultánea y en breves lapsos, lo que ahorra tiempos y explicaciones.

Bajo las mismas premisas y habiendo analizado cada práctico, se comenzó a pensar qué aspectos se debían modificar de las guías para su mejor adaptación. Para realizar las reformas se tuvo como premisa generar una lógica simple, guiada e intuitiva para que los alumnos puedan llegar en forma colaborativa y participativa a las metas requeridas, reforzando el trabajo en equipo, cuestión muy importante a lo largo de la vida estudiantil y profesional.

Con la finalidad de lograr lo planteado en el párrafo anterior, se estandarizaron todas las guías para obtener la misma impronta en cada trabajo, arribando al siguiente formato:

- OBJETIVOS
- INTRODUCCIÓN TEÓRICA
  - Simulador Web
- MATERIALES Y EQUIPOS
- PROCEDIMIENTO
- INFORME
  - Ítems a considerar
- CUESTIONARIO
  - Preguntas para el informe
- FECHA DE ENTREGA
- BIBLIOGRAFÍA



La introducción teórica que se incorporó a algunos prácticos que aún no tenían, o se modificó en aquellos que ya la poseían, se hizo con el objeto de recordar y afianzar distintos conceptos necesarios para poder realizar los ensayos. Empero, esto no quita la necesidad de repasar la teoría para poder comprender profunda e íntegramente el trabajo.

En algunos casos se propuso la utilización de simuladores como herramientas complementarias al desarrollo de los temas, haciéndose hincapié en aquellos en que los modelos teóricos pueden variar mucho respecto a la realidad. En general, los simuladores representan una situación ideal, a la cual se ajustan perfectamente los casos estudiados en clase (tanto de teoría como de práctica).

Se adicionó bibliografía complementaria en algunos prácticos, para incorporar nuevos aportes teóricos y referenciar a los alumnos en algunas dudas que puedan surgir durante la confección de

los informes, lo cual permite introducir variedad de enfoques y respuestas.

La FIGURA 3 ilustra la secuencia de uno de los nuevos prácticos desarrollados con un dispositivo ideado en el marco del presente proyecto. Por su parte, la FIGURA 4 muestra los resultados de varios ensayos efectuados con este artefacto. Éste cuenta con una rampa de doble canal, que permite la colisión de las esferas con las que se efectúan los ensayos de colisiones; o dan impulso para poder evaluar la energía puesta en juego.

### RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

Hace ya un tiempo que los docentes de Física I, basándose en los datos de las últimas tres cohortes de alumnos de Ingeniería de la Casa de Estudios están preocupados acerca de los resultados obtenidos, los cuales no mejoran. Es por ello que ha surgido la nece-

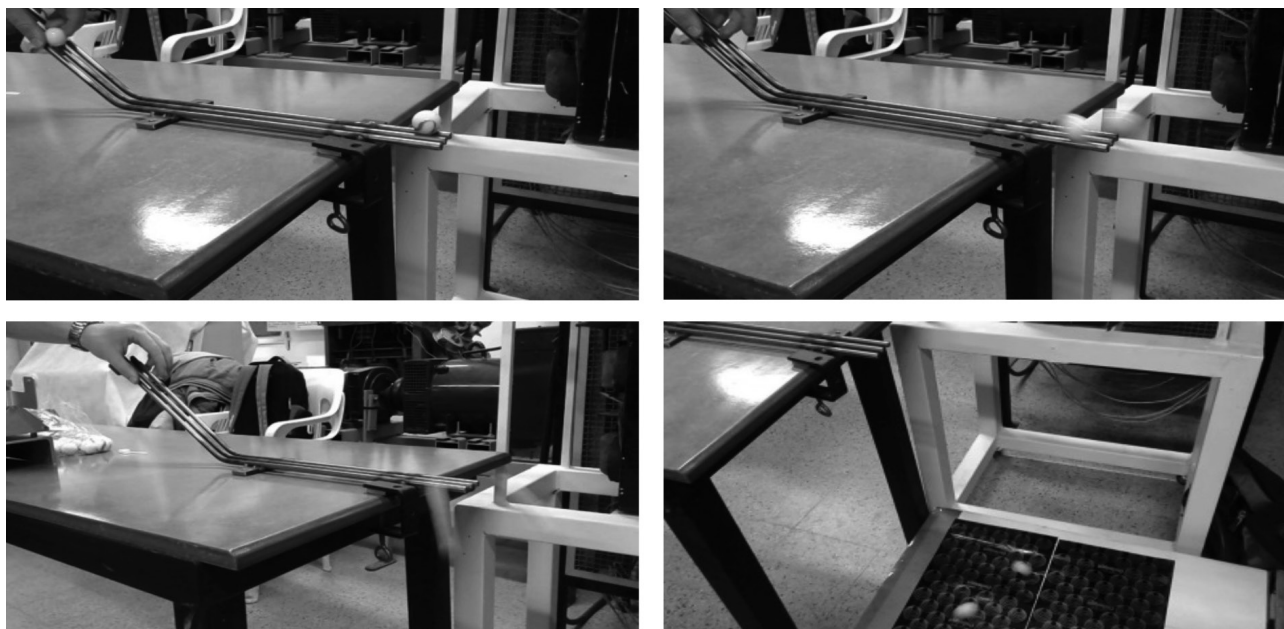


Fig. 3: Secuencia del nuevo práctico propuesto.

sidad de encarar un proceso de análisis, seguido de una reestructuración de la asignatura, especialmente en su carácter experimental. Gran parte consiste en repensar los ensayos que se vienen realizando en el ámbito del laboratorio, entendiendo que, si bien los modelos teóricos permiten tener un concepto sobre el fenómeno que se estudia, la experiencia práctica es la que realmente ayuda a incorporarlos, y notar que la teoría está compuesta por idealizaciones sobre fenómenos mucho más complejos, que merecen ser estudiados con detalle por los educandos.

En función de ello, como se ha mencionado, se han abordado todas las guías de trabajos prácticos y se las ha rediseñado, no sólo en contenido, sino en formato y estructura, obteniéndose como resultado material más agradable y funcional, cumpliendo así con el primero de los objetivos planteados, es decir, reelaborar las guías para que sean eficaces respecto al aprendizaje significativo. Pero, también se ha detectado que, en su conjunto, estas guías no proveían la posibilidad de efectuar ensayos sobre todos los tópicos dictados en clase, por lo que se ha emprendido la tarea de elaborar nuevas experiencias, que están en proceso de corrección y ajuste. Surge entonces la necesidad de verificar los equipos, ya que las nuevas situaciones que se plantean requieren de adaptaciones al equipamiento existente y/o dispositivos específicos, emprendimientos que están siendo llevados a cabo y que cumplen con el segundo objetivo planteado.

Una vez que los dispositivos diseñados aprueben la prueba piloto, cumpliendo los objetivos para los que fueron diseñados, se procederá a iniciar la segunda etapa del proyecto, pensada para concretarse durante el próximo año. El avance del proyecto, se produce según el cronograma establecido y de acuerdo al presupuesto otorgado para la fabricación de los mismos.

Todas estas actividades, que en palabras pueden resultar sencillas, conllevan un trabajo arduo y continuo. Se espera que todas estas modificaciones, esta 'reingeniería' de los prácticos de laboratorio, eleven la calidad de los contenidos del espacio curricular, incite a los alumnos a involucrarse en su propia formación, les permita incorporar el procedimiento básico para efectuar ensayos (que les servirá para todas las ciencias que estudien) y derive en mejores resultados académicos.

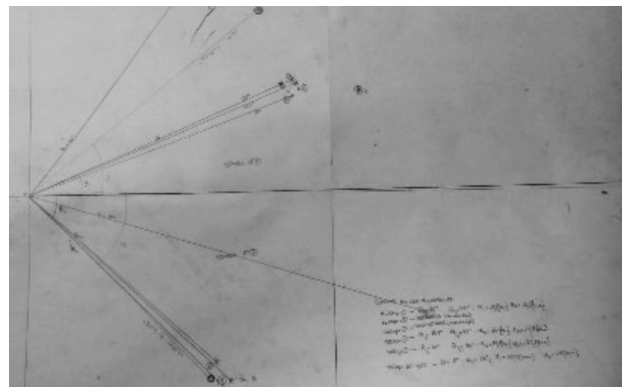


Fig. 4: Resultados obtenidos durante las pruebas del nuevo equipo.

## CONCLUSIONES

Luego del análisis realizado se evidenció la necesidad de la implementación de herramientas didácticas que promuevan el aprendizaje de la Física, centrándose en su carácter de ciencia fáctica.

Durante el desarrollo de la primera etapa se ha logrado un mayor aprovechamiento de los recursos de equipamiento presentes en el laboratorio incorporando cuatro prácticos nuevos a los ya existentes. Se logró obtener nuevas propuestas refuncionalizando los dispositivos con los que ya se contaba.

Se pudo diseñar, hasta el momento, un equipo que se destinará a efectuar trabajos prácticos relacionados



con tres ejes temáticos de la asignatura: cinemática del punto (desplazamiento bidireccional); trabajo y energía (conservación de la energía mecánica) y colisiones bidireccionales.

Los docentes de la cátedra Física I manifiestan que se ha podido trabajar en grupos más pequeños favoreciendo a participación activa de los estudiantes. Además expresan que se racionaliza y se hace más eficiente

el uso de los tiempos, ya que se han reducido notablemente las horas dedicadas a efectuar los trabajos prácticos dado que ahora se pueden realizar en forma simultánea cuatro experiencias de laboratorio.

Las conclusiones preliminares alientan a los investigadores a continuar trabajando y diseñando nuevos equipos de bajo costo, enfocando en las próximas etapas diversos temas de Física II.

## REFERENCIAS

Ausubel, D., Novak, J., Hanesian, H. (1986). "Psicología educativa". México. Trillas 2° edición.

CONFEDI (2006). Consejo Nacional de Decanos de Ingeniería. Primer acuerdo sobre competencias genéricas. "3er. TALLER s/ DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA ARGENTINA" Villa Carlos Paz, agosto 2006.

[http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria\\_academica/Competencias\\_CONFEDI.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/comun/secretaria_academica/Competencias_CONFEDI.pdf) (acceso mayo 2015).

Infobae (15 de mayo de 2016). "Los 5 grandes problemas de la calidad educativa en la Argentina". Web: <http://www.infobae.com/2016/05/15/1811186-los-5-grandes-problemas-la-calidad-educativa-la-argentina/>. Acceso durante el plazo de redacción del texto.

Luna, N. (16 de junio de 2016). "Ingenieros ¿para qué?"

Tecnología Sur-Sur. Web: <http://www.unsam.edu.ar/tss/ingenieros-para-que/> Acceso durante el lapso de redacción del artículo.

Manes, F. y Niro, M. (2014). "Usar el cerebro". Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Editorial Planeta.

Schank, R. (11 de enero de 2013). "Sólo se aprende haciendo". Encuentro Educación 2012-2013. Web: <http://encuentro.educared.org/group/solo-se-aprende-haciendo/forum/topics/solo-se-aprende-haciendo>. Recurso al que se accedió durante la redacción del artículo.

Sobrevila, M.A. (Marzo, 2003). "Reflexión estratégica". Web: [http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/index.php?option=com\\_content&view=article&id=30&Itemid=363](http://www.frbb.utn.edu.ar/frbb/index.php?option=com_content&view=article&id=30&Itemid=363). Acceso durante el período de escritura del artículo.