

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS PARA LA FORMACIÓN BÁSICA EN INGENIERÍA QUE INCORPORAN SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS EN SITUACIONES EXPERIMENTALES DE FÍSICA

Marta S. Yanitelli, Miriam M. Scancich, Marta B. Massa

*Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Universidad Nacional de Rosario – Argentina*

RESUMEN

La indudable necesidad de introducir en la formación de los futuros ingenieros, a nivel básico y avanzado, el dominio de las actuales tecnologías y de los dispositivos electrónicos elementales para la adquisición de datos en tiempo real, motivó el desarrollo de estrategias didácticas en el marco de las prácticas experimentales correspondientes al curso de Física I.

Estas estrategias contemplan *actividades de reconocimiento de ideas previas y actividades experimentales de iniciación y de aplicación*. Las mismas no constituyen una propuesta cerrada pero sí una iniciativa que ha demostrado ser fructífera cuyos efectos podrían constituir nuevas fortalezas en el marco de una formación que integra conocimientos científicos, tecnológicos y de gestión.

ANTECEDENTES

A partir de las experiencias recogidas como docentes de la asignatura Física I, correspondiente al área de Ciencias Básicas de las carreras de Ingeniería, y de los aportes de las distintas líneas de investigación en didáctica de la Física, se comenzó a trabajar en la implementación de prácticas experimentales que posicionen al estudiante frente a una situación lo más similar posible a la de un profesional que se enfrenta a un problema que debe resolver.

En este sentido, las prácticas de laboratorio se plantean como problemas-desafíos que los estudiantes, organizados en grupos, tienen que solucionar planificando actividades apropiadas que les demandan: definir y acotar el problema, buscar y discriminar entre información relevante o irrelevante, formular hipótesis, plantear caminos alternativos de solución, seleccionar los más adecuados y ponerlos en práctica; evaluar sus resultados, confirmar o modificar sus hipótesis y tomar decisiones.

Otro aspecto que también interesó mejorar fue la calidad de las mediciones. Con tal fin y en colaboración con personal no docente idóneo, se avanzó en la construcción de equipamiento accionado por componentes electrónicos. En realidad, se buscaba no limitar la propuesta metodológica a la adquisición de ciertos conocimientos y habilidades sino también aproximar a los estudiantes a los desarrollos tecnológicos de la época, con el propósito de estimular en ellos tanto una actitud científica y tecnológica como la función social y de desarrollo profesional.

Un nuevo desafío se presentó a partir de la incorporación en el laboratorio de equipamiento informático para la adquisición y el tratamiento de datos experimentales. En colaboración con docentes que también desarrollaban su actividad en el laboratorio y con el propósito de

aprovechar algunas de las múltiples posibilidades que ofrece el campo de la experimentación asistida por un sistema informático en la enseñanza de la Física, se inició un trabajo de diseño de situaciones problemáticas experimentales planteadas como actividades de investigación orientada donde la computadora, asociada a un sistema de adquisición de datos recogidos por diversos sensores, se constituye en instrumento relevante en la resolución de las mismas.

Dado que estos entornos implican disponer de conocimientos sobre la computadora y el sistema de adquisición de datos y habilidades para el manejo operativo de los mismos, se observó que la mayoría de los estudiantes, sin la experiencia necesaria para trabajar con estos sistemas en el laboratorio, generalmente los utilizaban en forma mecánica. Surgió, entonces, la necesidad para su uso adecuado, de trabajar aspectos básicos de su funcionamiento de manera que los estudiantes construyan una representación mental, aunque sea muy elemental, del mismo.

Con el convencimiento que la transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los recursos sino que se requiere una reconstrucción de los enfoques didácticos basada en reflexiones profundas en relación con las representaciones que promueven en el sujeto que aprende, se desarrollaron estrategias específicas que contemplan *actividades de reconocimiento de ideas previas y actividades experimentales de iniciación y de aplicación*.

EL SISTEMA INFORMÁTICO EN LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Aprender con las computadoras supone una nueva armonía de la mente humana a partir de la cual el sujeto puede agilizar el procesamiento de información, extender su capacidad de simbolización y representación de la realidad lo cual favorece un mayor desarrollo de los procesos cognitivos.

Su incorporación en la realización de experimentos en el laboratorio permite desarrollar entornos de aprendizaje en los que se enfatiza la exploración y selección de caminos de búsqueda de información. Así, se obtiene como resultado un producto enriquecido, superador de la suma de información de las fuentes a las cuales se ha accedido y que ofrece la posibilidad de comprender múltiples perspectivas sobre un proceso complejo, reflejadas como aproximaciones diferenciadas.

Asimismo, estos entornos implican una elevada exigencia cognitiva en cuanto a que ponen en juego:

- *Conocimientos acerca de la computadora como dispositivo simbólico*. Los modos de registro de información, de cálculo analítico y/o gráfico resueltos por algoritmos discretos generan nuevos aprendizajes al tratar de comprender no sólo las formas de adquisición de datos, su lectura, procesamiento e interpretación sino también los cambios en la adquisición de datos –limitaciones y extensiones- que devienen de sustituir los registros directos de un sujeto por las señales registradas por una interfase.

Se amplía el sistema simbólico de representación de las variables físicas identificadas como relevantes para seguir la evolución de un evento en estudio. Por ejemplo: a partir del tiempo de paso de un cuerpo a través de un sensor y de su longitud, sólo es posible medir una rapidez media -con representación escalar- siendo necesario extender su significado hacia el de velocidad media -con representación vectorial- de mayor demanda cognitiva.

- *Habilidades para el manejo operativo*. Se abre un amplio abanico de habilidades tales como: selección de elementos informáticos de diferente complejidad y del programa de gestión para el tratamiento de los experimentos; toma de decisiones durante los procesos de

recolección, análisis y transformación de datos; construcción y reconstrucción de procedimientos en busca del más satisfactorio en función de una meta.

- *Conceptos, información y procedimientos disciplinares.* La comprensión teórica apropiada asociada a la tarea experimental en cuestión orienta las observaciones; es la teoría la que determina qué y cómo hay que observar y cómo interpretar los resultados obtenidos (Hodson, 1994; Barberá y Valdés Castro, 1996).

- *Regulación de la tarea misma.* Ser conscientes de qué significa, qué problemas y dificultades se pueden presentar y qué aporta la computadora permite a los estudiantes pasar más tiempo manipulando ideas como medio de acceso al conocimiento científico. De acuerdo con Bruner (1988) “una vez que el pensamiento ha sido disociado de sus objetos, el terreno está preparado para que los procesos simbólicos empiecen a dejar atrás a los hechos concretos, para que el pensamiento se oriente hacia lo posible, no sólo hacia lo real”.

En este proceso se generan dudas y aciertos al interactuar las nuevas representaciones con las estructuras conceptuales ya organizadas y se transforma la relación entre capacidades cognitivas y acción de una forma, por lo general, irreversible. Es decir, se integran los usos específicos de la computadora en un agregado entre las capacidades de acción personales y las capacidades de acción posibilitadas por la herramienta, de manera que se convierten en indisolubles.

Siguiendo las consideraciones de Vygotsky (1995) sobre la enseñanza, la apropiación del modo de uso y del significado sociocultural de dichas herramientas no es posible sin el apoyo de otros más capaces, cuya ayuda y participación es imprescindible, puesto que, en su ausencia, se haría muy difícil la apropiación de los instrumentos que el medio sociocultural ofrece.

A pesar de que la herramienta por excelencia es el lenguaje, las computadoras permiten un tipo de relación históricamente nueva. Una relación, como señalan Salomon, Perkins, y Globerson, (1991), de asociación, de compartir cognición. Nunca hasta el presente se había dispuesto de herramientas capaces no sólo de estimular y/o modelar las formas de pensamiento, sino de distribuir partes de un razonamiento global, o de una cognición en sentido amplio, entre la persona y la máquina.

Llevada al límite, la idea de aprender con las computadoras diluye a los objetos tecnológicos en un entorno social, las propias máquinas se transforman asumiendo una parte de la carga intelectual del tratamiento de la información. De esta manera, el sujeto trasciende las limitaciones de su sistema cognitivo, extiende su capacidad de memoria y amplía su capacidad de simbolización y representación del mundo.

Desde esta perspectiva, puede pensarse que la incorporación de la computadora en la resolución de situaciones reales en el laboratorio contribuye a modificar y reestructurar el funcionamiento mental de un sujeto y su manera de pensar y reflexionar; los cambios no son sólo cuantitativos, son ante todo cualitativos. Sin embargo no se puede circunscribir a la computadora, como instrumento externo, el estudio de los procesos que se producen en el estudiante al analizar las situaciones experimentales. Debe ampliarse el análisis incluyendo el *sistema informático* que actúa detectando, codificando y transfiriendo información entre el experimento en sí y quien lo recibe e interpreta.

ARQUITECTURA DEL SISTEMA INFORMÁTICO

Los elementos básicos de un sistema informático de experimentación en tiempo real se presentan en el esquema de bloques de la Figura 1.



Figura 1 Esquema de bloques de un sistema informático

Los *sensores* o *transductores* son elementos que registran una señal asociada a la magnitud que se desea medir y la transforman en una tensión eléctrica. En general, cada sensor requiere un pequeño circuito auxiliar para ajustar o amplificar la tensión eléctrica. La colección de sensores que existe en la actualidad es muy amplia, se dispone de sensores para medir magnitudes físicas, químicas y biológicas. Es frecuente encontrar en los laboratorios docentes sensores de posición/distancia, de fuerza, de presión, de temperatura, de conductividad, de medida de pH, de intensidad luminosa, etc. En la Figura 2 se muestra el conjunto de sensores generalmente utilizados en las prácticas de Mecánica.

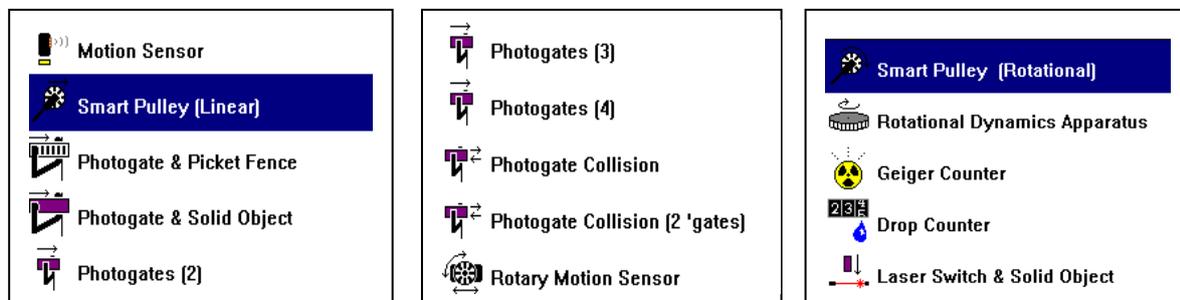


Figura 2 Sensores utilizados en las prácticas de Mecánica

La *interfase* actúa de convertidor analógico-digital transformando la tensión eléctrica suministrada por el sensor en una secuencia de valores digitales de tensión que la *computadora* puede leer, almacenar y procesar.

El *programa de gestión* permite visualizar simultáneamente en la pantalla tablas de datos y las representaciones gráficas que dan cuenta de las relaciones que se van generando. Con los distintos menús y funciones del programa se procede a la configuración de la forma de representación en la pantalla de las variables medidas, Figura 3.

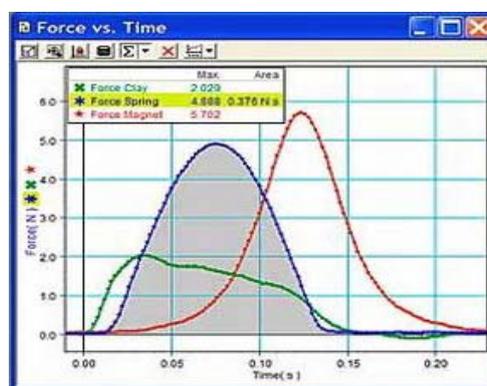


Figura 3 Visualización de gráficas en la pantalla de la computadora

El programa de gestión debe ser sencillo de manejar; flexible de manera que permita exportar los datos registrados a otros programas; no automático para indagar sobre diferentes relaciones matemáticas y representaciones gráficas en el momento de procesar los datos registrados e interactivo para que el usuario pueda decidir sobre la secuencia de pasos en el procesamiento de datos y sobre el nivel con que analizará los resultados obtenidos.

En el desarrollo de un experimento, la función de un sistema informático es la misma que la de los equipamientos tradicionales, es decir, actúa como instrumento de medida pero es más preciso y sensible al momento de tomar datos. Luego, permite a los alumnos incrementar la calidad en el trabajo experimental.

La rápida toma de datos con su correspondiente representación en forma de tablas o mediante gráficos permite una mejor distribución del tiempo durante la ejecución de la actividad experimental ya que, dentro de un enfoque didáctico apropiado, se puede centrar la mayor parte de la sesión práctica en promover que los estudiantes comprendan lo que hacen, por qué lo hacen y la relación que esto tiene con el fenómeno que estudian.

Asimismo, la posibilidad de efectuar un número importante de repeticiones de un experimento para confirmar o modificar las predicciones o las hipótesis formuladas, de reconciliar las distintas problemáticas que surjan de los datos, de reconocer anomalías, etc., acerca el trabajo de los alumnos al trabajo científico real sin salir del contexto de la clase de Física y el trabajo experimental se constituye en una pequeña investigación.

Otro aspecto relevante asociado al uso de estos sistemas es la posibilidad de acceder a la ejecución de experimentos cuyo tratamiento es prácticamente inaccesible en los laboratorios docentes clásicos. Por ejemplo, el análisis de procesos que se desarrollan durante intervalos de tiempo muy breves, tal es el caso de las colisiones, de los impulsos aplicados para iniciar o modificar un movimiento, etc., o de los que demandan días como ocurre en el estudio de sistemas biológicos o en montajes experimentales en los que se produzcan cambios de presión como en la determinación de la ley de Boyle para sistemas gaseosos diluidos.

PROGRAMA DE ACTIVIDADES

Se propone un conjunto de actividades que por sus características particulares se pueden agrupar en tres tipologías.

Actividades de reconocimiento de ideas previas

La descripción conceptual de las prácticas de apropiación y uso de la computadora de los estudiantes que ingresan a la universidad proporciona información relevante sobre las estructuras previas de conocimiento y sobre los diferentes grados de apropiación y uso de la computadora con los que los estudiantes inician su formación universitaria. Desde un enfoque ausubeliano, la identificación de estos saberes es fundamental para adecuar la estructura conceptual y proposicional de la nueva información que se desarrolla en el marco de las prácticas de laboratorio asistidas con ordenador en un primer curso de Física.

Al apropiarse de las actuales tecnologías los estudiantes se apropian también de sus condiciones de acceso y uso. El acceso refiere al modo de acercarse a algo a fin de conseguir su dominio y está vinculado a la posibilidad de ofrecer recursos para todos los usuarios, es decir, permitirles la entrada o paso. La idea de uso está vinculada tanto al doméstico como en la escuela y a la utilidad/beneficio que proporcionan, es decir, cómo se aprovechan o emplean esos recursos a fin de obtener el máximo rendimiento al realizar ciertas actividades. La apropiación se produce por la participación de hecho en la actividad que se lleva a cabo con la

computadora, realizada generalmente de forma gradual y asistida, pero luego el usuario encuentra caminos propios e independientes para hacer uso de ella.

Desde esta perspectiva, se prevé la aplicación de un cuestionario de tipo diagnóstico, orientado por los siguientes objetivos específicos:

- Indagar acerca del uso y significado que tienen las actuales tecnologías comunicacionales en general -Internet, teléfono móvil, cajero automático, computadora- para los estudiantes.
- Identificar las habilidades adquiridas durante la etapa escolar previa a la universitaria en relación con el acceso, manejo y uso de la computadora.
- Reconocer la importancia que los estudiantes conceden a la incorporación del recurso informático en el nivel universitario.

El contenido del cuestionario atiende a los siguientes apartados:

- Acerca de los datos personales de los encuestados.* Se recogen algunas características personales (sexo, edad, lugar de procedencia, área de formación).
- Acerca de los medios en general.* Interesa indagar sobre los medios que utilizan, el tiempo que les insume y los programas o temáticas que les interesan.
- Acerca de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en general.* Interesa investigar sobre la disponibilidad, el acceso y el uso de estos artefactos.
- Acerca de las computadoras.* Interesa indagar sobre la disponibilidad, el funcionamiento, el manejo y las tareas relacionadas con la computadora. Además, interesa conocer los usos de la computadora en la escuela y sus opiniones sobre la incorporación del recurso informático en el nivel universitario.

Actividades experimentales de iniciación

En un experimento asistido con computadora el estudiante se enfrenta a un sistema de dispositivos para la adquisición y procesamiento de datos tales como sensores, interfase de conexión, puertos de entrada y salida, etc. y el programa de gestión. Dado que este sistema no resulta fácil de manejar para algunos estudiantes se diseñó una práctica experimental para trabajar aspectos básicos del funcionamiento de un sistema informático (Yanitelli y Rosolio, 2007) de manera que los estudiantes construyan una representación mental, aunque sea elemental, del mismo que se implementa previo al desarrollo de las actividades experimentales asociadas a los contenidos de Mecánica.

En consecuencia, se plantean actividades en forma de cuestiones o interrogantes para orientar sus acciones hacia la construcción de un modelo mental (Johnson-Laird, 1983) de un sistema informático, de los diferentes elementos que lo conforman y de las relaciones entre ellos, de su uso y función sin que esto implique, necesariamente, conocer los fundamentos teóricos de su funcionamiento técnico.

En la guía se prevén espacios en blanco en los cuales los alumnos pueden sintetizar por escrito sus concepciones acerca de lo que están observando. Estas primeras ideas se constituyen en puentes cognitivos (Ausubel et al., 1983) que favorecen la aplicación de las distintas potencialidades u opciones del sistema informático en la resolución de situaciones experimentales. Se aspira a que los estudiantes mejoren significativamente el nivel de comprensión del fenómeno en estudio en un ir y venir entre las percepciones, las actividades concretas controladas, la modelización y la generalización para explicar lo que se observa.

Con tal fin, la situación experimental se diseñó de manera de brindar a los estudiantes la posibilidad de:

- Reconocimiento de los distintos componentes que integran un sistema informático y sus relaciones. Uso y función de cada componente.
- Estudio en profundidad de las características relevantes, uso y función de las puertas fotoeléctricas.
- Comparación de la función, precisión y sensibilidad de un instrumento de medición tradicional y las de un sistema informático.

El uso de un sistema informático como instrumento de medida puede llevar a los estudiantes a asignarles funciones especiales que no tienen, por lo que es necesario programar actividades que permitan “comparar” la función, la precisión y la sensibilidad de un instrumento tradicional, en nuestro caso un cronómetro, con la de un sistema informático adaptado para la medición del tiempo.

Para ello, se seleccionó la actividad “Medición del período de oscilación de un péndulo”, la cual presenta un montaje experimental sencillo. Además la medición con cronómetro del período de un péndulo es familiar para los estudiantes, dado que la mayoría de ellos la ha efectuado en el curso Introducción a la Física.

La acción de “comparar” implica centrar la atención en dos o más objetos (cronómetro – sistema informático) para descubrir sus diferencias o semejanzas. Esto supone:

- Distinguir instrumentos en función de sus especificaciones.
- Analizar funcionalmente tales instrumentos.
- Construir criterios de comparación.
- Evaluar la calidad de las mediciones (precisión, exactitud, etc.).
- Reflexionar sobre las semejanzas y diferencias detectadas.

Actividades experimentales de aplicación

En la resolución de situaciones experimentales asistidas por ordenador se produce una interacción entre los procesos de pensamiento del estudiante y los recursos informáticos. Éstos captan información en tiempo real, dan evidencias de efectos aleatorios no siempre distinguibles y, en función de lo requerido por el estudiante para el tratamiento de la información, muestra gráficamente relaciones y, recíprocamente, promueve inferencias en el estudiante y nuevos procesos de razonamiento.

En estas prácticas de laboratorio, el sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real contribuye a que los estudiantes:

- Tomen decisiones en los arreglos experimentales acercándolos al trabajo profesional del ingeniero. En este sentido, deben poner en juego su conocimiento sobre el funcionamiento de los sensores a fin de seleccionar el adecuado a los requerimientos de la medición que deben realizar y sobre las características esenciales del programa de gestión que les permite ejecutar la secuencia de pasos para la visualización de los datos en la pantalla del ordenador.
- Contrasten las propiedades del modelo conceptual con las del sistema en estudio. La posibilidad que brinda la computadora de decidir la secuencia de pasos a seguir, de realizar rápidas y oportunas repeticiones de las experiencias para confirmar o modificar las hipótesis elaboradas y de explorar relaciones matemáticas rápidamente visualizables favorece el desarrollo de modelos mentales diferenciados consistentes con los niveles de simbolización y abstracción alcanzados al resolver las situaciones experimentales.

- Desarrollen habilidades cognitivas tales como: observar, comparar, juzgar y también otras más específicas que devienen del registro, análisis e interpretación de las gráficas obtenidas en tiempo real.
- Aproximen el trabajo experimental al quehacer científico adoptando una postura crítica durante el análisis de la situación experimental.

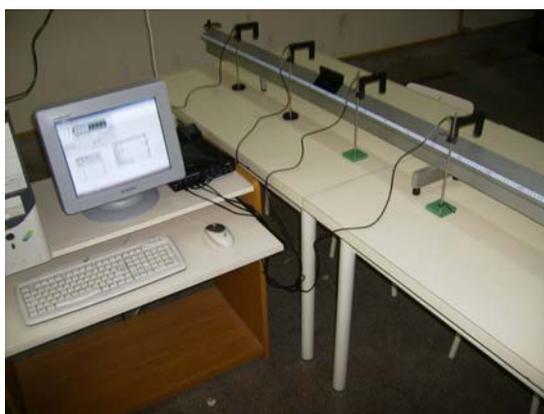
Como ejemplo de esta tipología, a continuación se presenta una práctica para el estudio del Primer Principio de Newton a partir del movimiento de un planeador que flota sobre un colchón de aire, eliminándose de este modo, el contacto entre superficies, tal como se muestra en la Figura 4(a). Iniciado el movimiento del planeador por la aplicación de un impulso, el mismo desliza a lo largo de la pista horizontal de aire que posee bandas elásticas en ambos extremos.

Un sistema de cuatro sensores, conectados por medio de una interfase a una computadora y distribuidos uniformemente a lo largo de la pista, permite registrar los datos de velocidad y aceleración en función del tiempo en distintos formatos (tablas de datos y gráficas) a través de un programa de gestión que recoge la información mientras transcurre el fenómeno.

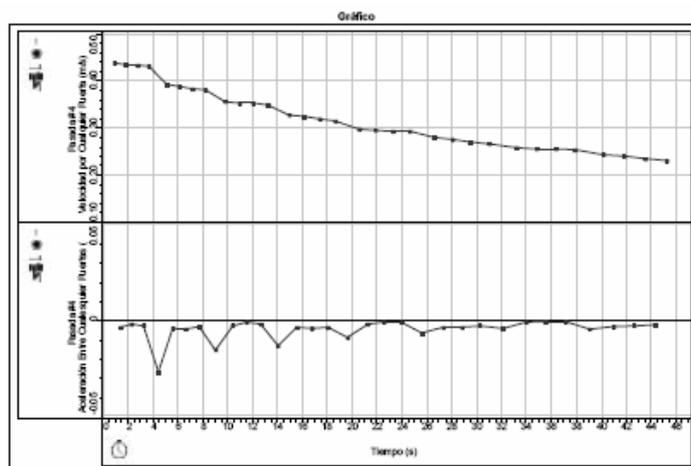
El equipo experimental –pista de aire- brinda la posibilidad de disminuir continuamente la influencia o incidencia de acciones externas capaces de alterar el movimiento, lográndose una aproximación a las condiciones necesarias para obtener un movimiento rectilíneo y uniforme.

La incorporación de un sistema informático de adquisición de datos favorece la interpretación de los resultados desde una perspectiva peculiar. Las gráficas obtenidas a través del mismo han de ser ajustadas, en general, a un modelo teórico permitiendo a los estudiantes reflexionar sobre marcos de referencia, el modelo conceptual utilizado, las características del movimiento y su posible aproximación según la tendencia evidenciada. Además, ofrece un espacio para interpretar los efectos producidos por las interacciones entre el sistema y su medio ambiente.

En la Figura 4(b) se muestran las gráficas del módulo de velocidad y la componente de la aceleración en función del tiempo, obtenidas con el programa de gestión Science Workshop, donde se registran distintas situaciones de interés referidas al movimiento del planeador. Cabe aclarar que los picos pronunciados que se destacan en la gráfica $a=a(t)$ no tienen significado físico, sino que son resultado del algoritmo de cálculo.



(a)



(b)

Figura 4 (a) Dispositivo experimental. (b) Módulo de v y componente de a en función del tiempo, gráficas superior e inferior respectivamente

CONSIDERACIONES FINALES

Las actividades incluidas en cada tipología no constituyen una propuesta cerrada pero sí una iniciativa que ha demostrado ser fructífera cuyos efectos podrían constituir nuevas fortalezas en el marco de una formación que integra conocimientos científicos, tecnológicos y de gestión.

Los primeros resultados obtenidos (Yanitelli et al, 2008; 2009; 2010) dan indicios de cómo la incorporación de un sistema de adquisición de datos en tiempo real en las prácticas experimentales posibilita que el estudiante desarrolle su potencialidad cognitiva y se convierta en aprendiz estratégico para apropiarse significativamente no sólo de los contenidos curriculares sino también de los instrumentos que proporciona la cultura, en particular, las actuales tecnologías de la comunicación y la información.

REFERENCIAS

- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Barberá, O. y Valdés Castro, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), pp. 365-379.
- Bruner, J. (1988). *Realidad mental y mundos posibles*. Barcelona: Gedisa.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 299-313.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Salomon, G., Perkins, D. y Globerson, T. (1991). Coparticipando en el conocimiento: la ampliación de la inteligencia humana con las tecnologías inteligentes. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 13, pp. 6-22.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Yanitelli, M. y Rosolio, A. (2007). Construyendo ideas sobre cómo trabaja un sistema informático para la adquisición y el tratamiento de datos experimentales. Informe-Guía de Trabajo Práctico. Física I. FCEIA-UNR.
- Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M. (2008). The use of personal computers in the resolution of experimental situations. *Proceedings GIREP 2008 International Conference*. Nicosia, Chipre.
- Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M. (2009). Representaciones sobre la función y uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio de Física. *Memorias X Conferencia Inter Americana de Educación en Física - X CIAEF*.
- Yanitelli, M., Scancich, M. y Massa, M. (2010). Un experimento asistido por un sistema informático. Una indagación de relaciones conceptuales en el estudio del movimiento sobre una pista de aire. Presentado para su publicación en Memorias de SIEF X.