

# Aprendizaje significativo a partir de prácticas de laboratorio de precisión



**J. D. Agudelo G., G. García G.**

*Facultad de Ingeniería, Universidad de Manizales, A.A. 868, Manizales, Colombia.*

Grupo de Investigación: Sociedad de la Información, innovación y gestión de conocimiento.

E-mail: josedario@umanizales.edu.co

(Recibido el 26 de Noviembre de 2009; aceptado el 17 de Enero de 2010)

## Resumen

Este documento presenta el resultado de la ejecución y evaluación de una estrategia para la enseñanza de la física en la formación de estudiantes de ingeniería, la cual tiene como objetivo cualificar los procesos de aprendizaje significativo de ideas y conceptos formulados por Ausubel, a través de laboratorios de precisión. Para efectos de este trabajo se utilizaron dos grupos: testigo y control. El área principal fue la Mecánica y los siguientes conceptos: densidad y unidades de medida, aceleración constante, caída libre y gravedad, movimiento de proyectiles, momento de inercia, efecto Doppler, movimiento subamortiguado y ondas estacionarias en cuerdas. A partir de documentos guía, la inducción y la evaluación, los estudiantes tuvieron la posibilidad de practicar la observación del fenómeno físico, justificarlo y explicarlo a partir de las teorías establecidas, empleando las nuevas tecnologías.

**Palabras clave:** Aprendizaje significativo, laboratorios didácticos de precisión, estrategias didácticas.

## Abstract

This paper shows the results of the implementation and evaluation of a strategy for teaching physics in the training of engineering students, which aims at qualifying the process of meaningful learning of ideas and concepts developed by Ausubel through laboratory precision. To conduct this study, two groups were established: the control and monitoring groups. The focus was on the mechanics area and the concepts were: density and units of measurement, constant acceleration, free fall and gravity, projectile motion, moment of inertia, Doppler effect, damped motion and standing waves in strings. From guidance documents about induction and evaluation, students had the opportunity to practice the observation of the physical phenomenon; they could justify and explain it from the established theories, with the use of new technologies.

**Keywords:** Meaningful learning, Didactic laboratories of precision, strategies for teaching Physics.

**PACS:** 01.40.Ha - 01.40.gb.- 01.50.Pa

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Entre las posibles causas de la deserción escolar en educación superior, o de la falta de motivación para el estudio de ingenierías en Colombia, se plantea la baja calidad en la preparación de los estudiantes en ciencias básicas, entre ellas matemáticas y física. Según afirma el Ministerio de Educación [1] “*Los estudiantes no ven estas asignaturas con gusto, ni la enseñanza es agradable. Hay aún un fuerte componente de aprendizaje de memoria, sin que se haya encontrado un sentido claro a la enseñanza de estas ciencias*”. Esta problemática se debe, entre otros factores, a la cultura de complejidad aumentada de la teoría, a la falta de herramientas que ilustren de manera práctica y precisa los fenómenos y a la carencia de un compromiso docente en la consulta e investigación para la enseñanza. Con este precedente, muchos estudiantes

expresan sus dudas frente a la calidad de la formación dada y aducen fracasar en los primeros semestres [2].

Desde esta perspectiva, la necesidad de implementar estrategias que conduzcan a enriquecer las prácticas pedagógicas, motivan la presentación de esta experiencia fundamentada en la teoría de aprendizaje significativo plateada por Ausubel [3], la cual aporta elementos valiosos para la enseñanza de la Física, ya que trasciende el aprendizaje mecánico e instrumental, “*el alumno quiere aprender aquello que se le presenta porque lo considera valioso*” [4] y construye su aprendizaje basado en los conocimientos previos, lo que les permite relacionar, de manera no arbitraria, los nuevos temas con los ya conocidos, facilitando la comprensión y la retención.

La teoría del aprendizaje significativo considera que las nociones que el estudiante posee en su estructura cognitiva y que están relacionadas con el tema de estudio son factores claves para el éxito o fracaso en el aprendizaje, ante todo

para la adquisición de los conceptos científicos formales que pretende entregar la educación superior.

El aprendizaje significativo se da cuando el aprendiz incorpora la nueva información a su estructura cognitiva, es decir, cuando las ideas y relaciones tienen significado a la luz de la red organizada y jerárquica de conceptos que ya posee; de esta manera se pueden utilizar con mayor eficacia sus conocimientos previos en la adquisición de nuevos conocimientos los cuales, a su vez, facilitan la adquisición de nuevos aprendizajes.

Desde este enfoque, desarrollar conceptos de física a través del trabajo experimental en los laboratorios, conduce a la adquisición de aprendizaje significativo, toda vez que el estudiante debe utilizar una amplia gama de conocimientos básicos previos y, apoyados en el uso de herramientas de la física experimental y el análisis de datos, le permite una acción sobre un referente empírico, facilitando que su campo conceptual se estructure y enriquezca, en particular en términos de modelos de utilización de los conceptos [5, 6]. “*Los experimentos, por sencillos que sean, permiten a los estudiantes profundizar en el conocimiento de un fenómeno determinado, estudiarlo teórico y experimentalmente, y desarrollar habilidades y actitudes propias de los investigadores...*” [7].

La experiencia aquí expuesta es el resultado de la consolidación de una estrategia que pretende cualificar el nivel de aprendizaje significativo de estudiantes de Ingeniería que cursan las asignaturas de física I y II, a partir de la realización de laboratorios de precisión en el desarrollo de la clase.

En la planeación y ejecución de la estrategia fue necesario repensar las prácticas de laboratorio tradicionales y sus guías, de tal manera que éstas fuesen promotoras de conocimiento y no solamente retroalimentadoras de un aprendizaje mecánico, como es el caso de la educación tradicional. La evaluación de la estrategia incluyó: la división en grupos de base y control, la valoración del aprendizaje en las pruebas escritas y la elaboración de un modelo de informe de laboratorio cuyo esquema está basado en el formato de una publicación científica.

## II. INSTRUMENTACIÓN

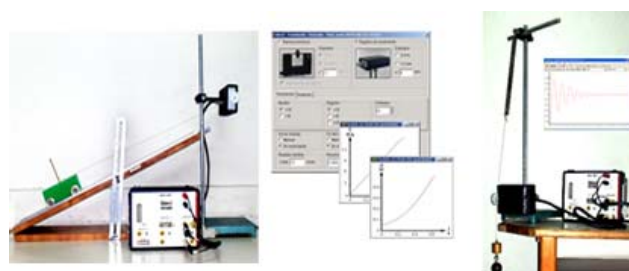
Los instrumentos utilizados para realizar las prácticas hacen parte en su mayoría del sistema Cobra3 de la empresa Phywe adaptados a los elementos tradicionales de laboratorio. El sistema está compuesto por una unidad central con conexión directa al computador y una serie de sensores conectados a ella. Aunque existen sensores para todo tipo de variables físicas, esta experiencia se centró sólo en aquellos de utilidad en medidas mecánicas, a saber:

*El sensor de barrera, temporizador / contador*, [Fig. 1] utilizado como cronómetro o medidor de velocidad instantánea.



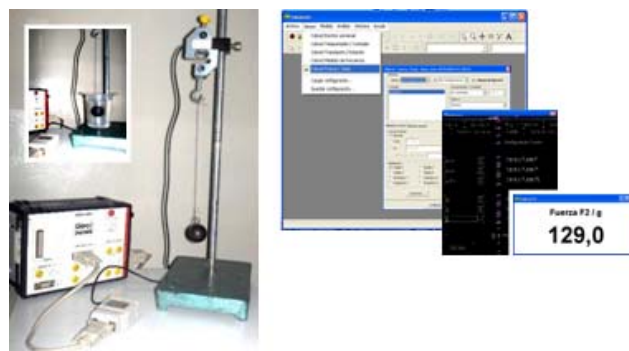
**FIGURA 1.** Sensor de barrera temporizador contador utilizado para demostrar la gravedad constante a diferentes pesos, la incidencia del momento de inercia en cuerpos rodantes, la conservación de la energía en el péndulo y la veracidad de las ecuaciones para movimiento parabólico.

*El sensor de traslación y rotación*, [Fig. 2] empleado en la medición continua de posición, velocidad y aceleración.



**FIGURA 2.** Sensor de traslación utilizado para entender el comportamiento de un movimiento uniformemente acelerado y el movimiento subamortiguado en un sistema masa resorte.

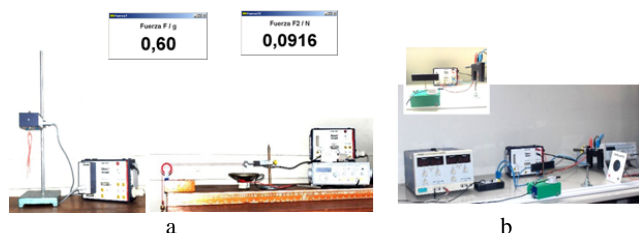
*El sensor de fuerza* [Fig. 3] para medir tensiones en cuerdas y peso.



**FIGURA 3.** Sensor fuerza utilizado para explicar el principio de Arquímedes en la determinación de la densidad de cuerpos.

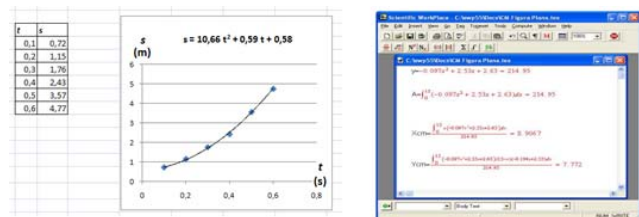
*Y el sensor de sonido* [Fig. 4] para ondas sonoras y cálculo de sus frecuencias.

La unidad central opera como interface sensor - PC recibiendo la lectura de los sensores, codificando la información y transfiriéndola vía serial RS232. El sistema aporta su software propietario denominado Measure, el cual permite, bajo una serie de menús, manipular el proceso de medida y los resultados. Algunas otras prácticas de laboratorios necesitan de elementos más comunes como el multímetro, la fuente de voltaje, el osciloscopio y el generador de señales [Fig. 4], y otras prácticas más simples pero igual de precisas, sólo requieren de un cronómetro e instrumentación básica.



**FIGURA 4.** a. Generador de señales y sensores de fuerza utilizados para verificar el comportamiento de las ondas estacionarias en cuerdas. b. Sensor de sonido, generador de señales y fuente de voltaje utilizados para observar el efecto Doppler.

Como complemento para el desarrollo de la práctica, se utiliza las hojas de cálculo de Excel para gráficas, estadísticas y regresiones, y el programa de matemáticas Scientific Workplace para la solución rápida de funciones, derivadas e integrales [Fig. 5].



**FIGURA 5.** Regresión cuadrática a partir de datos experimentales utilizando una hoja de cálculo de Excel. Cálculo del centro de masa de una figura plana a partir de integrales utilizando el software Scientific Workplace.

### III. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la práctica de laboratorio se dividió el grupo en dos: grupo base y grupo control y se trabajó de manera alterna, es decir, cuando la clase “tradicional” se llevaba a cabo con un grupo, en el otro es implementada la estrategia de aprendizaje a partir de laboratorios de precisión; en la sesión siguiente se cambiaba el grupo base por grupo control. La expresión “tradicional” hace referencia a los cursos que se dictan en un salón de clases que utilizan la práctica de laboratorio como una

retroalimentación de lo ya explicado. El grupo base tiene la oportunidad de aprender a partir de la estrategia.

En ambos grupos se tiene especial cuidado con los conocimientos previos que poseen los estudiantes respecto a la temática que se propone abordar, para este caso, conceptos como velocidad instantánea y aceleración instantánea, además de las matemáticas aprendidas, son fundamentales, ya que en ellos se sustenta la comprensión de la medida de los sensores.

Inicialmente se presenta ante los estudiantes el montaje experimental identificando claramente las variables a medir. Antes de obtener resultados se propone un momento de discusión en el cual se plantean hipótesis para el fenómeno, y de igual forma, durante y después de los resultados hay espacios de discusión para dar significado físico al mismo.

Posteriormente el profesor, con base en los resultados obtenidos en el experimento, plantea el desarrollo teórico de su clase. Para una mejor comprensión de la experiencia, se expone el siguiente ejemplo: Luego de realizar el experimento visto en la figura 2, en donde un carro rueda por un plano inclinado, puede obtenerse la gráfica de una parábola. Al introducir la tabla de datos experimentales en la hoja de cálculo, se obtiene por regresión la ecuación cuadrática del movimiento [Fig. 5]. Para hallar la ecuación de la velocidad se procede a derivar la cuadrática obtenida. Luego para la ecuación de la aceleración es necesario derivar la ecuación de la velocidad. El resultado indicará que el movimiento es de aceleración constante. En términos generales se plantea de nuevo la posición como correspondiente a una ecuación de la forma  $x(t)=At^2+Bt+C$ . en donde puede deducirse que como C es el corte con el eje, entonces  $C=X_0$ , derivando puede obtenerse  $v(t)=2At+B$  y  $a(t)=2A$ ; de igual forma puede deducirse que B es el corte con el eje de velocidad, por tanto  $B=v_0$ . Se demuestra nuevamente que la aceleración es constante y que a partir de ello  $A=a/2$ . Obtenidos los significados de A, B y C pueden reemplazarse en las ecuaciones de posición y velocidad para obtener la ecuaciones generales de un movimiento de aceleración constante  $x(t)=at^2/2+v_0t+x_0$  y  $v(t)=at+v_0$ .

El factor clave en el desarrollo de este tipo de prácticas es, sin lugar a dudas, la calidad de la experimentación, representada en equipos de baja incertidumbre, el uso de gráficas y tablas explicativas y retro-alimentadoras. Cálculos de porcentajes de error relativo, obtenidos al final de la clase y propuestos en las mismas guías de laboratorio, indican que el margen de error se encuentra por debajo del 2%. Así pues la experimentación es una verdadera ruta para la adquisición de conocimiento, promotora de aprendizaje significativo, siempre y cuando las herramientas generen resultados contundentes para el entendimiento.

Como aspectos importantes a tener en cuenta por parte del docente para este tipo de experiencias, están:

- 1) Manejo práctico de los recursos, conocimiento del software utilizado y los sensores en el montaje experimental, lo que le permite al estudiante centrar su atención en resultados y su análisis y no en asuntos técnicos, y

2) La experiencia en el desarrollo de prácticas de laboratorio. La expresión “Manejar los tiempos” da significado a lo que un buen maestro experimental puede hacer mejor.

Por último, las guías de laboratorio ofrecen a los estudiantes dos tipos de información, una teoría corta, centrada y suficiente para la experimentación y una idea introductoria a la investigación científica, particularmente en la toma correcta de datos, análisis estadísticos, gráficas y tendencias; así mismo les permiten extraer sus propias conclusiones a partir de un ítem denominado “Aspectos para tener en cuenta”, el cual les sirve como guía para un análisis más centrado del fenómeno.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la observación de la experiencia mostraron que cuando se utiliza la estrategia de aprendizaje a partir de laboratorios, los estudiantes recuerdan con facilidad los conocimientos previos necesarios, se logra el objetivo perseguido con las prácticas en menor tiempo y de manera más eficiente porque están más motivados, sienten la necesidad de adquirir el conocimiento como fin en sí mismo, no de manera impuesta, lo que les permite buena disposición personal para el aprendizaje, que se evidencia en la participación activa en los procesos de experimentación, las preguntas que formulan y la calidad de los informes presentados.

En el laboratorio “tradicional” (retroalimentador, complementario a la clase) los informes que presentan los estudiantes son de menor calidad, los conceptos no se recuerdan con facilidad, razón por la cual la experiencia de aprendizaje no es tan significativa como en la estrategia planteada inicialmente, utilizan más tiempo, razón por la cual el esfuerzo para practicar y revisar disminuye notoriamente, por consiguiente “*el conocimiento no se consolida lo suficiente como para constituir el fundamento adecuado del aprendizaje en secuencia*” [8].

La aplicación práctica de los conceptos de física se convierte en un espacio pedagógico importante para que los estudiantes se acerquen a la realidad de los fenómenos, amplíen, consoliden, generalicen y comprueben los fundamentos teóricos de la disciplina y además, adquieran habilidades propias de los métodos de investigación científica a través de la elaboración de informes en formato de publicación científica, ya que deben escribir ideas y sustentarlas de manera adecuada, entendible y razonable, hecho que aleja en gran medida al estudiante de enfatizar en los asuntos técnicos para centrarse en la física del fenómeno.

#### V. CONCLUSIONES

La búsqueda permanente por parte de los docentes, de estrategias que enriquezcan la enseñanza de la física debe ser una actividad cotidiana, en procura que los estudiantes

tengan mejores niveles de aprendizaje y mejores desempeños académicos.

El docente se constituye en un aspecto fundamental del proceso de aprendizaje, de “*lo amplio y persuasivo que sea su conocimiento, de la capacidad de presentar y organizar con claridad la materia de estudio, de explicar lúcida y escisivamente las ideas y de manipular con eficacia las variables importantes que afectan el aprendizaje, además de la forma como se comunica con los estudiantes para traducir su conocimiento a formas que se adecuen al grado de madurez cognoscitivo y de experiencia en la materia*” [9], depende el logro del aprendizaje de sus estudiantes.

Construir conocimiento significativo con base en la experimentación exige del docente competencias pedagógicas y destrezas en el manejo de la instrumentación, ya que la calidad de la experimentación con equipos de baja incertidumbre es la prioridad para el éxito de esta estrategia. El modelo de informe de laboratorio en formato de publicación científica es una estrategia para que el estudiante desarrolle habilidades comunicativas, es él quien ordena sus propias ideas y las escribe, construye su propio conocimiento con base en lo que ya sabe de una experiencia concreta y lo expresa tal como lo entiende, permitiendo evaluar en él la estrategia del docente.

#### REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Educación Nacional, *¿Qué pasa con la Ingeniería en Colombia?* Centro Virtual de Noticias, 23 de septiembre, 2009. <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-162876.html> (Fecha de consulta: 6/11/2009).
- [2] Cravino, J. P y Lopes, J. B., *La Enseñanza de la Física general en la Universidad. Propuestas de investigación*, Enseñanza de las Ciencias **21**, 473–482 (2003).
- [3] Ausubel y Novak, *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*, 2ª Ed. (Trillas, México 1983) p. 49.
- [4] Dávila E. S., *El aprendizaje Significativo, Contexto educativo* En: *Revista Digital de Educación y Nuevas Tecnologías*, No. 9 (julio 2000). En: <http://contexto-educativo.com.ar>, (fecha de consulta: 06/11/2009)
- [5] American Association of Physics Teachers, *Goals of the Introductory Physics Laboratory*, *American Journal of Physics* **66**, 483-485 (1998).
- [6] López, J. B., *Desarrollar Conceptos de Física a través del Trabajo Experimental. Evaluación de Auxiliares Didácticos*, Enseñanza de las Ciencias: *Revista de Investigación y Experiencias Didácticas* **20**, 115-132 (2002).
- [7] Carreras, C., Yuste, M. y Sánchez, J. P., *La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza*, *Rev. Cubana de Física* **24**, 80-83 (2007).
- [8] Ausubel, D. P., *Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo*, (Editorial Trillas 2ª Edición, México, 1980) p. 420.
- [9] *Ibid.* p. 513.