

EMPLEO DEL LABORATORIO ASISTIDO POR ORDENADOR EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA Y QUÍMICA DE SECUNDARIA Y BACHILLERATO

Ángel Luis Torres Climent

Profesor de Física y Química del I.E.S. Joanot Martorell de Elche (Alicante)

(angeltorresfq@yahoo.es)

[Recibido en Marzo de 2010, aceptado en Julio de 2010]

RESUMEN

La presente experiencia describe la utilización del laboratorio asistido por ordenador (LAO) en el aula de Física y Química de Secundaria y Bachillerato, con el objetivo de discutir la veracidad o falsedad de las hipótesis emitidas por los alumnos en tres fenómenos concretos: el calentamiento de un líquido, el movimiento de un objeto por un plano inclinado y el movimiento vibratorio de un objeto sujeto a un muelle. El trabajo utiliza el LAO como elemento del proceso de enseñanza-aprendizaje (E/A) que puede ayudar a cambiar algunas ideas previas erróneas muy frecuentes y persistentes en los alumnos que estudian los citados temas.

Palabras clave: *Laboratorio asistido por ordenador (LAO); experimentos con sensores; temperatura de ebullición; movimiento uniformemente acelerado; periodo del movimiento vibratorio.*

INTRODUCCIÓN Y REFERENTES PEDAGÓGICOS

Los equipos LAO son equipos captadores de datos que permiten ver el gráfico del fenómeno estudiado, al mismo tiempo que se está produciendo. Esta tecnología se denomina de diferentes maneras: EXAO (Experimentos Asistidos por Ordenador), MBL (Microcomputer Based Laboratory), CBL (Computer Based Laboratory) o el nombre de los proveedores de los equipos (PASCO, Vernier, Fourier, CMA, Multilab, etc).

Estos equipamientos se componen básicamente de sensores de medida de muy diversas magnitudes físicas (posición, fuerza, temperatura, campo magnético, etc.), que se encargan de transformar la medida física en una tensión eléctrica. Conectada al sensor existe una interfaz que transforma la tensión eléctrica a código binario que un ordenador es capaz de interpretar. Los ordenadores y programas asociados a los equipos LAO muestran las tablas de datos y gráficos que se van generando, posibilitan cambiar la frecuencia del muestreo, incluir varios gráficos en unos mismos ejes, modificar la escala e insertar predicciones, entre otras muchas opciones.

El aprendizaje de conocimientos científicos por parte de los alumnos implica la adquisición de la capacidad para comunicar los fenómenos físicos a través del uso simultáneo de los siguientes tipos de lenguajes o descripciones (Juan, Juliá, Jover, Prats, Pons, y Martínez, 2003):

- El lenguaje icónico, usa diagramas para mostrar de forma esquemática cómo varía una magnitud en función de otras. Este lenguaje se utiliza, por ejemplo cuando se marcan en un diagrama las posiciones de un móvil a intervalos de tiempo iguales.
- La descripción tabular, recoge de forma ordenada los valores de las magnitudes correspondientes.
- El lenguaje gráfico, consiste en representar en unos ejes de coordenadas la variación de una magnitud con una variable determinada.
- La representación verbal, presenta la narración del fenómeno mediante términos más o menos técnicos.
- El lenguaje algebraico, busca encontrar ecuaciones que relacionan las magnitudes investigadas.

La figura 1 (Juan *et al.*, 2003) muestra la interrelación entre los lenguajes de representación científica e instrumentación de recogida de datos, mostrando que el uso de sensores vincula el lenguaje tabular y el lenguaje gráfico con los fenómenos reales.

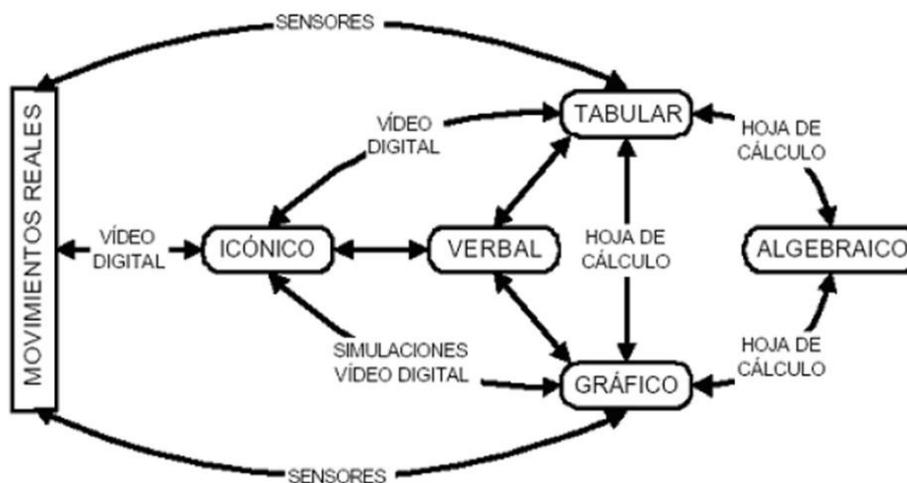


Figura 1.- Interrelación entre lenguajes de representación científica e instrumentación de recogida de datos, de modelización y de análisis de observaciones de fenómenos físicos (Juan *et al.*, 2003).

Es sabido que las ideas previas o preconceptos que presentan los estudiantes de Física son en gran parte universales, dado que encontramos alumnos de diferentes lugares con ideas muy similares. El proceso de enseñanza-aprendizaje debe partir de estas ideas previas para intentar transformarlas en ideas científicas. Para ello resulta de gran interés, el poder realizar una rápida comparación entre la hipótesis emitida por el alumno y la medida experimental, tal y como nos permite el equipamiento LAO.

El Laboratorio asistido por ordenador presenta las siguientes ventajas, respecto a la experimentación habitual (Aranda y Ruiz, 1991; Herrán y Parrilla, 1994):

- 1) Deja más tiempo para la valoración de los datos obtenidos.
- 2) La repetición de la medida es fácil y rápida.

- 3) Elimina buena parte del error manual ya que posibilita especificar el número de mediciones y el intervalo entre medidas.
- 4) Permite apreciar fácilmente relaciones o evoluciones.
- 5) Posibilita considerar procesos de duración prolongada.
- 6) Proporciona de manera inmediata un registro de tablas de valores y gráficos.
- 7) Permite la construcción de "bibliotecas de registros experimentales", con lo cual se favorece el intercambio y la comunicación de resultados.

Diversos trabajos (Pintó, Pérez-Castro, y Gutiérrez, 1999; Borghi, De Ambrosis, Mascheretti, 2003) han estudiado la estructura de los guiones de prácticas para experimentos en tiempo real. Al insertar las experiencias de laboratorio en una secuencia de aprendizaje (figura 2) se ayudará a los alumnos a evolucionar a partir de sus ideas previas y a constatar como los modelos teóricos reflejan las regularidades de los datos reales (Pintó *et al.*, 1999).

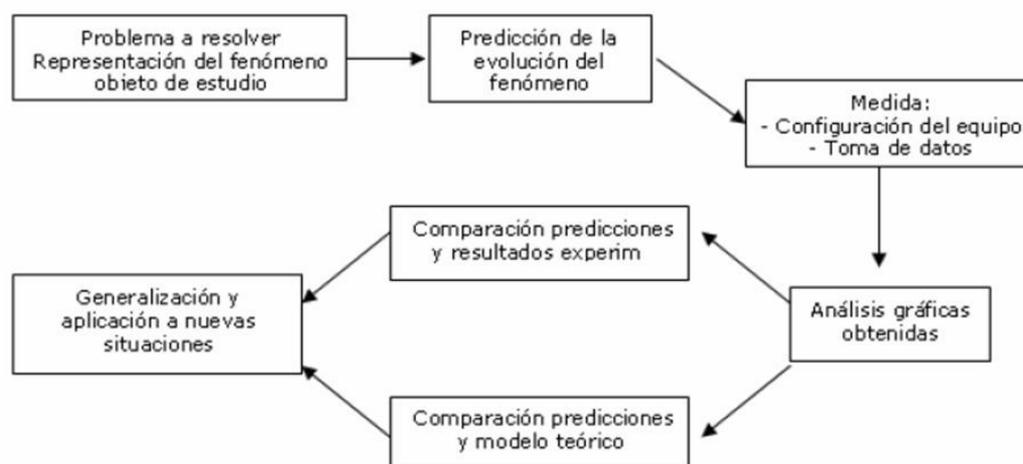


Figura 2.- Ciclo de aprendizaje de un experimento (Pintó *et al.*, 1999).

El LAO amplía la diversidad de recursos que pueden utilizarse en el aula, pero el uso exclusivo de LAO, sin la reflexión pertinente, puede conducir al estudiante a pensar que los objetivos se consiguen automáticamente o de una manera mágica. Hay que asegurarse siempre que el LAO quede perfectamente incardinado en la metodología del aula; así, debe eludirse la presentación o la realización de experimentos desligada del contexto del resto del trabajo (Gras, Cano, Soler, Milachay, Alonso y Torres, 2007).

La experiencia de presentar esta tecnología en cursos de formación para el profesorado de Ciencias permite constatar dos hechos: el profesorado de Ciencias de Secundaria y Bachillerato presenta gran interés en emplear el LAO (se producen muchas más solicitudes que plazas ofertan los cursos), aunque a la vez presenta dudas y reticencias con respecto a la utilización real del recurso en el aula. La aplicación de las nuevas tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje representa un reto y un cambio de metodología para los docentes, pero si se desea

evitar un uso de las TIC con poco fundamento didáctico (Gómez González, 1998), es necesario documentar las pruebas a partir de puestas en práctica en el aula.

LÍNEAS GENERALES DE LA EXPERIENCIA

El equipamiento utilizado en esta experiencia incluye sensores del proveedor Pasco (<http://www.pasco.com/>) y su correspondiente software "Data Studio", del que se puede obtener una versión de prueba en <http://store.pasco.com/forms/download.cfm?DID=9&downloadtype=DataStudio>

Entre las publicaciones que presentan experiencias de laboratorio con sensores PASCO destaca la de Kraftmakher (2007), con más de 80 experimentos de física general, todos ilustrados con los resultados de las mediciones reales. También la propia marca PASCO, ofrece una interesante colección de experiencias con guiones disponibles desde <http://www.pasco.com/resources/labdownloads/home.cfm>

La experiencia educativa descrita en este artículo, se desarrolló en tres niveles diferentes durante el curso 2009/10, con los temas siguientes:

- Física y Química de 3º ESO (22 alumnos). Estudio del calentamiento de un líquido.
- Física y Química de 4º ESO (17 alumnos). Estudio del movimiento de un carrito por un plano inclinado.
- Física de 2º Bachillerato (13 alumnos). Estudio del movimiento vibratorio de un cuerpo sujeto a un muelle.

Los archivos Data Studio que muestran las medidas reales obtenidas en de las tres experiencias descritas se pueden consultar y descargar de <http://sites.google.com/site/aulafq/practicas-de-laboratorio/practicas-con-sensores>

La metodología empleada sigue las etapas del método científico; se plantea el problema a los alumnos y a continuación se les solicita la emisión de hipótesis escritas y gráficas. Las preguntas exactas planteadas a los alumnos figuran en cada una de las tres experiencias trabajadas. Los alumnos responden individualmente, anónimamente y por escrito a cada una de ellas y trazan la gráfica que esperan obtener. El profesor recoge las respuestas y agrupa las semejantes para poder establecer así los porcentajes de respuesta. En las figuras del artículo no se han incluido todas las respuestas, sino sólo las mayoritarias, porque el resto configuran un variado conjunto de posibilidades diferentes, en la mayoría de los casos emitidas por un solo alumno. Cabe decir también que las hipótesis emitidas por los alumnos se producen todas ellas después de haber tratado en el aula ordinaria (no en el laboratorio) los temas relacionados con los problemas planteados, "Los estados físicos de la materia" en 3º de ESO, "El estudio del movimiento" en 4º de ESO y "El movimiento vibratorio armónico simple" en 2º de Bachillerato. Esta circunstancia es buscada y no casual, ya que uno de los objetivos de este trabajo, es intentar hacer aflorar las ideas previas erróneas que persisten aún cuando ya se ha estudiado en clase el fenómeno concreto.

Los alumnos deben detallar el material que creen necesario y el procedimiento que seguirían para contrastar la veracidad o falsedad de las hipótesis planteadas. Obviamente la realización de prácticas con LAO puede llevarse a cabo de forma más o menos dirigida, con mayor o menor orientación del profesor, según sean los objetivos

de la actividad. En este trabajo se optó por ser el profesor quién realizase la experiencia, tras haber explicado a sus alumnos unas básicas nociones de la interfaz que presenta el programa y haber hecho unas pequeñas pruebas de comprobación con el sensor en cuestión. Esta circunstancia fue así elegida porque se quería valorar el LAO como recurso de trabajo en asignaturas no específicas de laboratorio sino en aquellas en las que no se suele disponer de tiempo extra para realizar prácticas. En el caso de utilizar el LAO en asignaturas específicas de laboratorio, debería ser el alumno quién realizase las medidas y para ello sería necesario que previamente se hubiese familiarizado con este equipamiento y su software, consultando el manual de funcionamiento básico que ofrece la marca PASCO, descargable desde www.pasco.com/file_downloads/datastudio/ds_starter_manual.pdf (en inglés) y desde <http://www.tecnoedu.com/Download/DataStudioManual.pdf> (en castellano) o resolviendo actividades generales sencillas como las incluidas en la guía del autor de este artículo, disponible en su página web: <http://sites.google.com/site/aulafq/practicas-de-laboratorio/practicas-con-sensores>

HIPÓTESIS Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL CALENTAMIENTO DE UN LÍQUIDO EN 3º ESO

Se plantearon las siguientes preguntas, ¿qué le ocurre a un líquido al ser calentado?, y en su caso, ¿cómo variará la temperatura de un líquido al ser calentado?

Para un 42 % de los alumnos, cuando se calienta un líquido, la temperatura puede continuar elevándose, mientras se mantenga el calentamiento, siendo ésta una idea previa ya recogida en la bibliografía (Chang, 1999). Tan sólo el 17% de los alumnos proponen la llegada a un valor máximo de temperatura que coincidiría con el punto de ebullición del agua, o sea 100 °C, tal y como recoge la gráfica experimental (en realidad la temperatura de ebullición obtenida fue de 99 °C). La figura 3 recoge las dos hipótesis citadas.

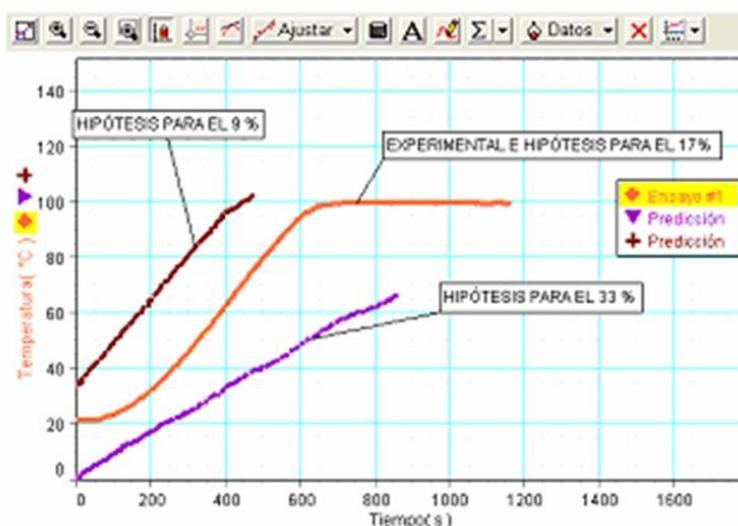


Figura 3.-Hipótesis gráficas de la evolución de la temperatura de un líquido al ser calentado y comportamiento experimental registrado.

Para poner a prueba las hipótesis se dispuso un vaso con agua destilada sobre una placa calefactora y se introdujo el sensor de temperatura, tal y como se muestra en la figura 4. Los alumnos mostraron una gran expectación al seguir todos al mismo tiempo el trazado de la gráfica proyectado en una pantalla, tal y como se muestra en la figura 5.



Figura 4.- Montaje experimental de calentamiento de un líquido.

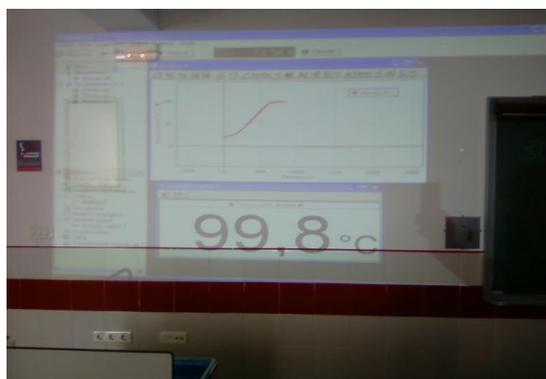


Figura 5.- Detalle de la proyección en el aula de la evolución de la temperatura frente al tiempo de agua líquida al ser calentada.

Los alumnos deberían utilizar un modelo explicado en clase, como el modelo cinético corpuscular de la materia, para responder por qué la temperatura asciende antes de la ebullición y no asciende durante el cambio de estado, a pesar de continuar calentando el agua. También es posible plantear qué ocurriría si en lugar de calentar una sustancia pura como el agua destilada, lo hiciésemos con una mezcla, como por ejemplo sal y agua.

HIPÓTESIS Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE UN CARRITO POR UN PLANO INCLINADO EN 4º ESO

Se plantean las preguntas 1) y 2) siguientes, a la vez o primero la 1 y después la 2 para que las respuestas no interfieran entre sí. 1) ¿Cómo varía la posición del carrito al dejarse caer desde arriba de un plano inclinado?, ¿y al lanzarse hacia arriba? 2) ¿De qué depende el tiempo que tarda un carrito en recorrer un plano inclinado al soltarse desde arriba? Se debe aclarar que la posición del carrito en este experimento se determinará por la distancia del mismo al sensor y que éste estará situado en la parte baja del plano inclinado tal y como muestra la figura 6, datos conocidos por los alumnos antes de responder a las preguntas planteadas.

1) ¿Cómo varía la posición del carrito al dejarse caer desde arriba de un plano inclinado?, ¿y al lanzarse hacia arriba? La hipótesis mayoritaria para el 56% de los alumnos recoge la idea previa de que un móvil acelerado recorre distancias iguales en intervalos de tiempos iguales (Laburú y Carvalho, 1992), como si el objeto presentase una variación lineal de la posición con el tiempo. Esta idea puede tener relación con el habitual error de los alumnos de identificar la trayectoria del objeto con el gráfico de su posición. Sin embargo un 22 % de los alumnos emitieron la hipótesis correcta que se registró al realizar el experimento y que se muestra en la figura 7.

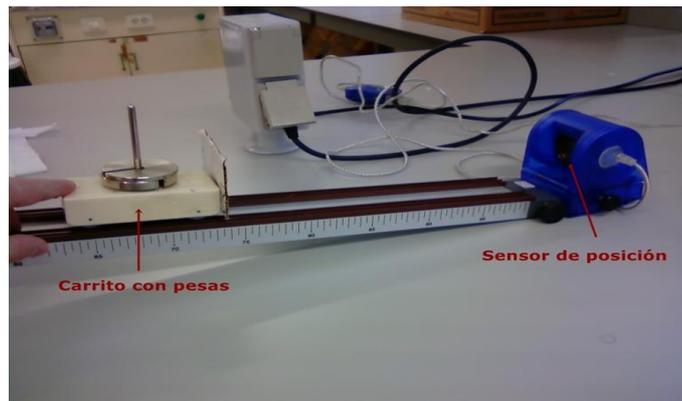


Figura 6.- Detalle del dispositivo de la experiencia: estudio del movimiento de un carrito por un plano inclinado.

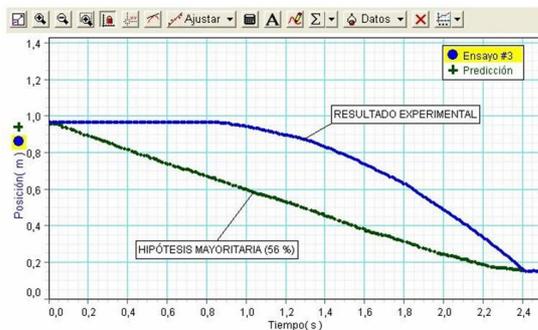


Figura 7.- Gráfica experimental distancia - tiempo para un carrito que se deja caer por un plano inclinado y gráfica prevista por la mayoría de los alumnos.

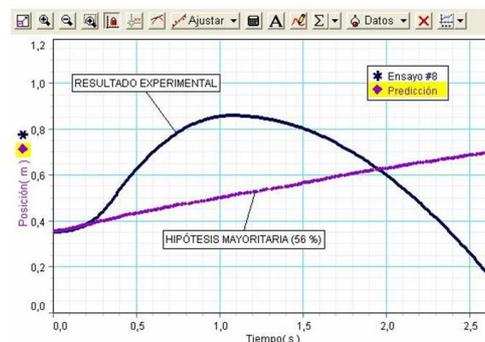


Figura 8.- Gráfica experimental distancia - tiempo de un carrito que se lanza hacia arriba por un plano inclinado y gráfica prevista por la mayoría de los alumnos.

En cuanto a la pregunta de cómo variaría la posición del carrito si se lanzase hacia arriba del plano, aparece de nuevo la idea de un alejamiento lineal para la mayoría de los alumnos, 56%, y además sin retorno al punto de partida, tal y como se muestra en la figura 8, donde también se incluye el resultado experimental, esperable para un 17 % de los alumnos.

Los alumnos de 4º de ESO han estudiado en clase, antes de la realización de esta práctica, los modelos de movimiento uniforme y movimiento uniformemente acelerado y deberían conocer las ecuaciones de movimiento teóricas que establecen los mismos. Por ello se les pide que asignen qué modelo de movimiento teórico estudiado se ajustaría mejor al movimiento real medido y que expliquen cómo se podría determinar la aceleración del movimiento a partir de la información gráfica obtenida (el profesor es quién realiza el ajuste parabólico de la gráfica obtenida con la opción "Ajustar" del programa Data Studio, una vez aceptada por los alumnos la relación cuadrática posición - tiempo)

Se podría ampliar la discusión, preguntando qué efecto tendrían factores como la inclinación o el rozamiento en la aceleración adquirida por el carrito.

2) ¿De qué depende el tiempo que tarda un carrito en recorrer un plano inclinado al soltarse desde arriba? Un 58% del grupo propone como hipótesis que si aumentamos la masa del carrito, éste llegará antes al final del plano. Para contrastar esta idea, se utilizó un carrito al que se le podían añadir diferentes pesas y se podía dejar deslizar por un plano inclinado de aproximadamente 1 m de longitud. El dispositivo empleado se mostró en la figura 6 y las gráficas obtenidas para carritos con diferentes masas las recoge la figura 9.

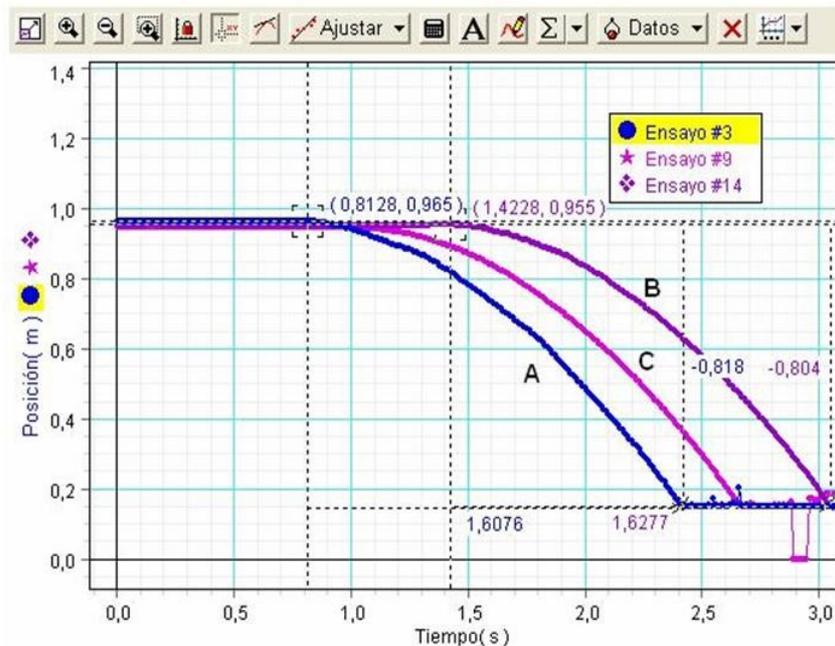


Figura 9.- Resultados distancia - tiempo para carritos de diferentes masas. A) 256,13 g B) 407,50 g y C) 306,05 g

La figura 9 muestra la nula influencia de la masa sobre el tiempo de recorrido. Al medir el tiempo desde el inicio del trazado parabólico hasta el final del mismo, con un aumento del 59 % de masa (ensayo A con 256,13 g, ensayo B con 407,50 g), el tiempo empleado en completar el plano inclinado es prácticamente el mismo (1,61 s y 1,63 s).

HIPÓTESIS Y RESULTADOS DEL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE VIBRACIÓN DE UN OBJETO UNIDO A UN MUELLE EN 2º BACHILLERATO

Las preguntas planteadas fueron: 1) ¿de qué depende el periodo de un objeto que vibra verticalmente sujeto a un muelle, mientras el efecto del rozamiento con el aire sea despreciable? y 2) ¿cómo afectará el rozamiento con el aire al periodo del movimiento? En el [Apéndice 1](#) de este artículo se muestra una propuesta más desarrollada de esta experiencia que se puede utilizar como guión para los alumnos.

1) Para los alumnos las principales magnitudes que podían afectar al periodo de la vibración fueron, el estiramiento inicial del muelle, con un 50 % de respuestas, y la masa del objeto unido al muelle, con un 36 % de las mismas. En ambos casos el efecto propuesto era que al aumentar cualquiera de estas dos magnitudes, aumentaría el periodo. Incluso los alumnos universitarios piensan que el periodo de un sistema

oscilante depende de sus condiciones iniciales, estableciendo en muchos casos una relación proporcional directa entre amplitud y periodo (García Barneto y Bolívar Raya, 2005). Otros trabajos han evidenciado que muy pocos alumnos son capaces de inferir correctamente el efecto de las condiciones iniciales sobre la amplitud (sólo el 6 %) y el periodo (sólo el 12 %) (Gil Martín y García Barneto, 2007).

Para poner a prueba la influencia de la amplitud sobre el periodo, se dispuso un conjunto de pesas sujetas a un muelle y a su vez se sujetó el conjunto a un soporte. Se pegó un cartón a las pesas para que la superficie del objeto fuese plana y mayor, facilitando así la detección por el sensor, que se situó debajo de las pesas, tal y como se muestra en la figura 10.



Figura 10.- Dispositivo para estudiar la influencia de la amplitud sobre el periodo de un cuerpo que vibra verticalmente.

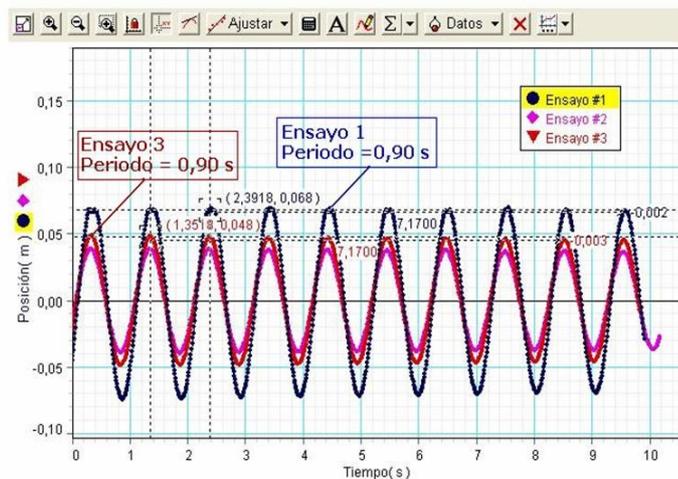


Figura 11.- Registro gráfico elongación - tiempo de un cuerpo que vibra verticalmente en tres ensayos con amplitudes diferentes.

Se sometió la masa a tres estiramientos diferentes y se registró como variaba con el tiempo su distancia al sensor. A continuación la gráfica obtenida se trasladó verticalmente para asignar el valor cero a la posición de equilibrio del oscilador, obteniéndose las gráficas de la elongación, posición con respecto a la posición de equilibrio, que muestra la figura 11. En las figuras 11, 13 y 14 se ha calculado el periodo, dividiendo el tiempo empleado (medido por el programa) en realizar un número concreto de oscilaciones entre el número de oscilaciones realizadas en este tiempo (8 oscilaciones en la figura 11 y 20 oscilaciones en la figura 13 y 14). El resultado experimental de la figura 11 indica que, en las condiciones en que se ha llevado a cabo el experimento, no hay diferencia apreciable en el periodo del movimiento aunque la amplitud del mismo, sea distinta. No obstante es obligado advertir que este resultado sólo es válido para oscilaciones armónicas y esta circunstancia sólo se produce si no se producen desplazamientos del punto de equilibrio demasiado grandes, cumpliéndose entonces que un cuerpo colgado de un muelle ideal (sin masa apreciable) al ser separado un poco de su posición de equilibrio describirá un movimiento armónico simple, con un periodo, T , función de la masa que oscila, m , y de la constante elástica del muelle, k , según la expresión siguiente:

$$T = 2 \pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$$

k queda determinada por factores como la cantidad de vueltas que presenta el muelle, la distancia entre una vuelta y otra, el radio del muelle y el material del que esta hecho.

2) Todos los alumnos asumen como verdadera la idea de que la amplitud irá disminuyendo si se considera un tiempo lo suficientemente largo como para apreciarlo, pues todos saben que el cuerpo acabará deteniéndose. La figura 12 muestra una parte del registro obtenido al dejar oscilar la masa, un tiempo lo suficientemente grande (unos 4,5 minutos en total), para observar el decaimiento de la amplitud por efecto del rozamiento con el aire (marcado por la línea envolvente verde de la figura 12). La vibración no comienza exactamente en el instante $t = 0$ porque el sensor empezó a medir antes de separarse la masa de su posición de equilibrio y ser soltada.

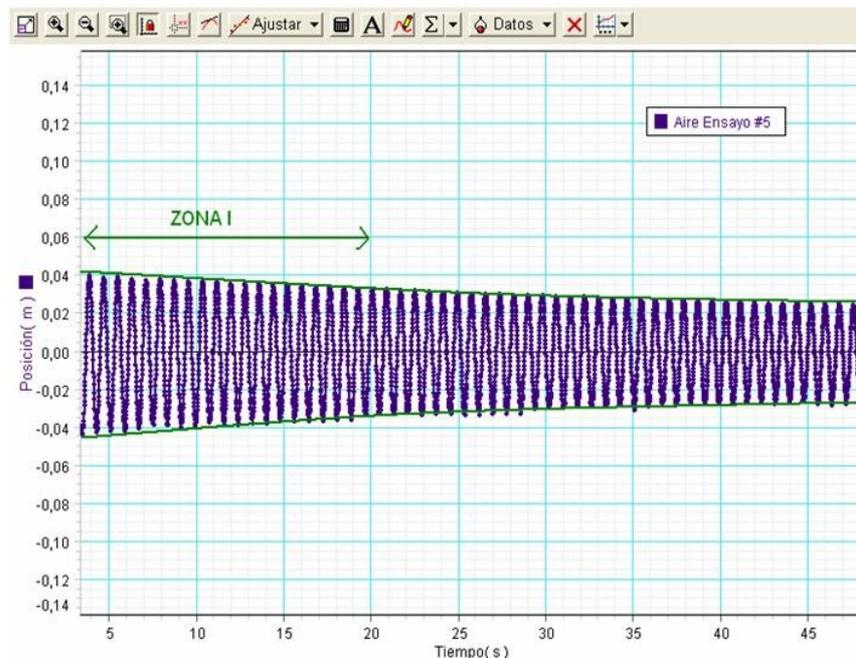


Figura 12.- Gráfico elongación – tiempo de un cuerpo que vibra verticalmente, un tiempo suficiente para apreciarse la amortiguación de la amplitud.

Respecto a la cuestión sobre el modo en que variaría el periodo del movimiento a medida que fuese disminuyendo la amplitud por el efecto del rozamiento con el aire, el 86 % de los alumnos indican que el periodo aumentará, y que el oscilador tardará más en completar una oscilación, a medida que el cuerpo vaya transfiriendo su energía al aire. Sin embargo la realidad es que la amortiguación se produce en la amplitud (y en la energía), pero no en el periodo de la oscilación, que para un cuerpo sujeto a un muelle, depende sólo de las características propias de ambos cuerpos (siempre las oscilaciones sean pequeñas). Para evidenciar a los alumnos este hecho, se cálculo el periodo en los primeros instantes del movimiento de la figura 12 (detalle en figura 13)

y en los últimos instantes del mismo (detalle en figura 14), donde la amplitud era muy diferente, obteniéndose prácticamente el mismo resultado.

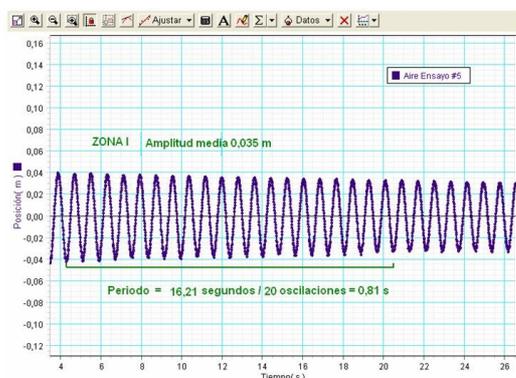


Figura 13.- Detalle de la figura 11 que corresponde a los primeros 20 segundos del movimiento.

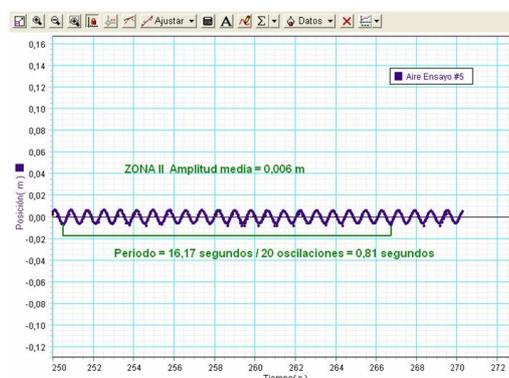


Figura 14.- Detalle de la figura 11 que corresponde a los últimos instantes del movimiento.

VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA POR PARTE DE LOS ALUMNOS

Tras realizar las experiencias, los alumnos fueron encuestados anónimamente y por escrito. Las respuestas fueron muy similares en los tres cursos participantes y por ello se señala la media de los porcentajes de respuesta de los tres grupos. A la pregunta: "¿Ha sido efectiva la experiencia para aceptar o rechazar la hipótesis que propusiste?" Un 88 % de los alumnos consideran que la experiencia sí ha sido efectiva para aceptar o rechazar sus hipótesis. En la pregunta: "¿Consideras que la experiencia con sensores te ha facilitado el aprendizaje del fenómeno estudiado?", un 86 % de los alumnos responde afirmativamente. A la totalidad de los alumnos participantes les gustaría repetir las experiencias con sensores y el 85 % no las cambiaría por una clase de resolución de ejercicios habitual.

CONCLUSIONES DE LA EXPERIENCIA EDUCATIVA

El trabajo experimental con sensores ha sido mayoritariamente bien valorado por los alumnos como elemento de aprendizaje y como elemento de contrastación y refutación de sus ideas previas erróneas, independientemente del curso considerado (3º de ESO, 4º de ESO y 2º Bachillerato). Creemos que esta aceptación está relacionada con el hecho de que la actividad permite a los alumnos participar emitiendo sus propias hipótesis, "compitiendo" entre ellos por ver si han acertado o no puesto que las hipótesis son rápidamente evaluadas. Esta circunstancia nos parece clave para poder disponer de un mayor tiempo de reflexión y de discusión de los resultados experimentales.

En general nos parece positivo seguir utilizando este recurso, aunque debemos alejarnos de un optimismo excesivo que nos llevase al abuso en la utilización del mismo. Soler-Selva y Gras-Martí (2003) indican que no se debe forzar el uso del LAO en experimentos que no resulten claramente beneficiados con su introducción, sin perder el objetivo de conseguir un aprendizaje significativo. El recurso puede ser muy

útil en las asignaturas "de teoría", donde no se suele aplicar el método científico y donde el profesor puede guiar un experimento en una sesión, siempre con la participación del alumno en la emisión de las hipótesis y en la discusión de los resultados.

Algunas líneas de trabajo futuras podrían ser emplear el LAO en experiencias de Química o grabar las experiencias en video para sincronizarlas con la evolución gráfica del experimento.

REFERENCIAS

- ARANDA, J., RUIZ, F. (1991). L'EXAO: l'ordinador al laboratori. *Revista de Física*, 1, 1, 50-52.
- BORGHI, L., DE AMBROSIS, A., MASCHERETTI, P. (2003). Developing relevant teaching strategies during in-service training. *Physics Education* 38, 41-45,
- CHANG, J. (1999). Teacher's college students' conceptions about evaporation, condensation and boiling. *Science Education*, 83, 5, 511-526.
- GARCÍA BARNETO, A., BOLÍVAR RAYA, J. P. (2005). Uso de simulaciones informáticas en la enseñanza de la física: movimientos armónico simple y ondulatorio. *VII Congreso Internacional sobre investigación en enseñanza de las ciencias*. 1 - 5. Granada.
- GIL MARTÍN, M., GARCÍA BARNETO, A. (2007). Entorno de aprendizaje constructivista y colaborativo, enriquecido tecnológicamente, sobre el movimiento armónico simple. *II Jornadas Internacionales sobre políticas educativas para la sociedad del conocimiento, 2007*. Disponible en línea en: http://www.juntadeandalucia.es/averroes/jornadas_internacionales/jsp/documentacion/presentaciones.jsp
- GÓMEZ GONZÁLEZ, E. (1998). Nuevas tecnologías y enseñanza de la física, *Revista Española de Física*, 12, 2, 44.
- GRAS MARTÍ, A., CANO VILLALBA, M., SOLER SELVA, V., MILACHAY VICENTE, Y., ALONSO SÁNCHEZ, M. Y TORRES CLIMENT, A. (2007) Recursos digitales para los docentes de ciencias. En Membiela (Ed.) *Experiencias innovadoras de utilización de las NTI*. Vigo: Educación Editora. Disponible en línea en: http://webs.uvigo.es/educacion.editora/volumenes/Libro%203/C3_Gras%20Marti%20y%20Membiela.pdf
- HERRÁN, D., PARRILLA, J. L. (1994). La utilización del ordenador en la realización de experiencias de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 3, 393-398.
- JUAN, A., JULIÁ, M., JOVER, E., PRATS, G., PONS, I., Y MARTÍNEZ, B. (2003). El vídeo digital como recurso didáctico para el estudio de la cinemática del movimiento. *Curie digital*, 53-65. Disponible en línea en: <http://curie.lacurie.org/curiedigital/2003/VIIJ/video-angel-53-65.pdf>
- KRAFTMAKHER, Y. (2007). *Experiments and demonstrations in Physics*. Singapore: World Scientific.

- LABURÚ, C. E. Y CARVALHO, A. M. P. (1992). Investigación del desarrollo y aprendizaje de la noción de aceleración en adolescentes. *Enseñanza de las Ciencias*, 10, 1, 63-72.
- PINTÓ, R., PÉREZ-CASTRO, O. Y GUTIÉRREZ, R. (1999). Implementing MBL (Microcomputer Based Laboratory) technology for the laboratory work in compulsory secondary school science classes. *STTIS Spanish National report on WP1*. Universitat Autònoma de Barcelona.
- SÁEZ, M, PINTÓ, R., GARCIA, P. (2005). Interconnecting concepts and dealing with graphs to study motion. En R. Pintó et D. Couso, (Eds), *Proceedings of the Fifth International ESERA Conference on Contributions of Research to Enhancing Students' interest in Learning Science*, 1229-1232.
- SOLER-SELVA, V. F., GRAS-MARTÍ, A. (2003). Experimentació amb tecnologia EXAC des d'una orientació de l'ensenyament com a investigació. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 173-181. Disponible en línea en: <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v21n1p173.pdf>

APÉNDICE 1

Desarrollo de una propuesta concreta de la experiencia: estudio del movimiento de un objeto que vibra sujeto a un muelle

•*Primera parte (se entrega a los alumnos para que respondan)*

¿De qué factores depende el valor del periodo de un objeto que vibra sujeto a un muelle? Una vez que la amplitud del movimiento vaya disminuyendo por el efecto del rozamiento con el aire, ¿cómo variará el periodo?

¿Qué material y qué procedimiento seguirías para comprobar las hipótesis que has emitido?

•*Segunda parte (se entrega una vez que los alumnos hayan contestado la primera parte)*

Material: cartón, celo, interfaz USB link, muelle, ordenador personal, pesas, portapesas, sensor de posición, soporte de laboratorio, tijeras.

Dispón los elementos tal y como aparecen en la figura 10. Estira el muelle una distancia pequeña y registra la posición frente al tiempo con el sensor de posición. Repite la experiencia como mínimo con dos amplitudes diferentes.

Para comprobar la influencia del amortiguamiento sobre el periodo, dispón los elementos tal y como aparecen en la figura 10. Estira el muelle una distancia pequeña y registra la posición frente al tiempo hasta que el objeto deje de vibrar.

•*Resultados, conclusiones y nuevas investigaciones*

Calcula el periodo para cada ensayo con amplitud diferente, dividiendo el tiempo correspondiente a un número entero de oscilaciones entre dicho número de oscilaciones. Extrae conclusiones.

Calcula el periodo en un tramo inicial del movimiento y un tramo final del mismo, que presenten amplitudes muy diferentes. Extrae conclusiones.

Hemos estudiado el modelo de movimiento armónico simple (M.A.S.), ¿qué condición debe cumplir un movimiento para que se le pueda aplicar este modelo teórico? ¿Cómo podrías comprobar experimentalmente si el movimiento del objeto que vibra verticalmente unido al muelle cumple esta condición de M.A.S.? (Ayuda: se puede emplear un sensor fuerza para medir la fuerza elástica que el muelle ejerce sobre el cuerpo en cada instante, disponiendo los elementos como aparecen en la figura 10).

USE OF COMPUTER ASSISTED LABORATORY TEACHING OF PHYSICS AND CHEMISTRY OF MIDDLE AND HIGH SCHOOL

SUMMARY

This experience describes the use of computer assisted laboratory in the classroom of Physics and Chemistry of Secondary and High Schools, with the aim of discussing the truth or falsity of the hypotheses by the students in three specific events: the heating a liquid, the motion of an object on an inclined plane and the vibration of an object attached to a spring. The paper uses the computer assisted laboratory as part of the teaching-learning process that can help change some erroneous preconceptions very common and persistent students studying those subjects.

Keywords: *microcomputer based laboratory (mbl); experiments with sensors; boiling point; uniformly accelerated motion; period vibration.*