UN ACERCAMIENTO A LA FÍSICA: CASO DE ARTICULACIÓN.

Jorge Omar Morel[1], **Sergio Antúnez**[1], **Olga Gómez**[1], **José Posluszny**[1](*)

[1]Departamento Matemática – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Misiones (UNaM)
Rosas 325 – Oberá – Misiones – Argentina

{morel,antunez,flamig,posluj}@fio.unam.edu.ar (*) Director

Palabras clave: TIC's - Aplicación a la enseñanza de la física - movimiento

Resumen. *Se relata parte de las experiencias de un grupo de docentes-investigadores en el área de la física, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. El proyecto abarca una revisión de la metodología de la enseñanza para primer año, donde un aspecto es el uso de las TIC's como herramienta de enseñanza y de aprendizaje. Se narra la parte de la matemática puesta en juego en un laboratorio virtual sobre el tema del péndulo simple, y algunas discusiones acerca de la articulación horizontal, en particular con asignaturas del área de la matemática.*

1. Introducción

Nos ha parecido interesante comentar cómo una actividad en una asignatura está tan apoyada en actividades de otra que se está dictando de manera simultánea, y cómo éstas pueden o no contribuir a una mejor percepción conceptual de parte de los estudiantes de ingeniería; así como su conocimiento puede o no también influir sobre los docentes en relación con la toma de consciencia de su rol dentro del perfil que se debe estar formando en los aspirantes a ingeniero/as.

La actividad narrada aquí consiste de la realización de un laboratorio virtual sobre el concepto de péndulo simple para alumnos de la asignatura de Física 1 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones, para las sucesivas cursadas de las distintas series de la modalidad «sistema de módulos»[Wust y Arlettaz 1999] entre los años 2008 y 2009, un total de seis cohortes. En la actualidad esta modalidad ha perimido, y se dan dos cohortes por año.

El laboratorio virtual tiene la finalidad –desde el punto de vista matemático– de relevar la relación entre las variables período de oscilación versus longitud del péndulo y período de oscilación versus masa. Asimismo, mediante el uso de una simple planilla de cálculo, identificar una posible relación funcional entre las variables citadas. Las otras finalidades son: conjeturar y validar el comportamiento dinámico del péndulo, descartar variables que influyen muy poco –forma del objeto suspendido, altura del punto de suspensión, etc.–, contribuir a la fluidez con la que el estudiante encara el laboratorio real. La experiencia virtual está enmarcada en una espiral de actividades sobre el mismo tema, tendientes a que el estudiante construya el modelo mental [Moreira 2003], el modelo físico y el modelo matemático que rige el comportamiento del péndulo simple.

Se han establecido grupos de experimentación, grupos de control, y mediciones tales como pre-test y pos-test, informes de laboratorio –tanto de estudiantes cuanto de auxiliares–, encuestas, relatos, y observaciones activas, de las distintas actividades –entre ellas, la relatada–

de modo que a partir de esas mediciones se han realizado interpretaciones, parte de las cuales comunicamos en este trabajo.

Analizados los resultados se ha concluido que los estudiantes han aceptaron favorablemente la propuesta apropiándose adecuadamente de los conceptos pertinentes, han llegado al laboratorio real con mejores oportunidades de aprovechamiento. Asimismo han manifestado que la modalidad introducida les ha sido placentera y útil.

2. Fundamentación

Los estudiantes presentan dificultades cognitivas. Las que nos interesan son la falta de dominio de cálculo diferencial e integral, la escasa interpretación de los fenómenos físicos y el problema motivacional. Asimismo la casi nula integración de objetos que vienen de la matemática cuando deben ser usados como recurso en física. Se ha tratado de buscar una solución adecuada a estas problemáticas.

Estos conflictos de aprendizaje que presentan los estudiantes de primer año de ingeniería asistentes al curso de física, motiva a preguntar si la utilización de las simulaciones y en particular la de péndulo simple como objeto de estudio del presente trabajo facilitaría la comprensión del tema. El estudiante –antes de realizar la simulación– plantearía las diferentes hipótesis de lo que sucedería si se cambian las distintas variables que intervienen en el fenómeno una por vez, manteniéndose constantes el resto de los parámetros. Luego deberá comparar sus hipótesis con los datos obtenidos en el laboratorio virtual, para luego obtener la ley de variación del período en función de la longitud antes del desarrollo formal teórico del tema. Se ha supuesto que esta propuesta didáctica contribuirá a una mejor comprensión de ese contenido. La interacción del estudiante con el objeto de estudio en forma virtual para comprobar sus hipótesis planteadas, ayudaría a una mejor integración teoría-práctica-laboratorio.

El trabajo [Giorgi et al. 2006] integra varios de los puntos que se han tenido en cuenta en esta investigación en cuanto a las recomendaciones para plantear un aprendizaje significativo, el modelo mental, etc., [Giraldo Huertas 2006] establece que una variable independiente puede ser un cierto método de enseñanza –nuestra experiencia con el laboratorio virtual y uso de la planilla de cálculo, en este caso–, y la variable dependiente, básicamente, cambios medidos en el desempeño de los estudiantes atribuibles a la influencia de las variables independientes.

Se ha tratado de ser muy cuidadosos con los instrumentos de medición mencionados, para no sesgar las mismas tanto en la elaboración cuanto en el análisis de los datos. La propuesta didáctica diseñada ha sido una "*suposición tentativa sobre el fenómeno que va a investigarse*", tomado como guía, tal como plantean [Lutz y Ramsey 1974].

Los elementos de la investigación cualitativa aplicados han surgido de [Vasilachis et al. 2007].

2.1. Elección del tema

La elección del concepto usado para verlo desde diferentes enfoques se debió a razones como: a) ser lo suficientemente sencillo para que sea posible generar una experiencia de «prelaboratorio», donde lo importante no son las mediciones sino trabajar con la experiencia en vivo, y posibilitar la interacción, la cooperación, la conjetura, etc., b) concepto del cual existiese laboratorio real, donde lo importante sí es la medición y el relevamiento de las curvas que impliquen una relación funcional entre las variables consideradas y su posterior identificación.

c) ser lo suficientemente poco comprendido por los estudiantes, para que la investigación tuviera sentido.

3. Desarrollo

La estrategia adoptada ha sido cronológicamente la realización de:

a) un *pre-test* de conocimientos previos,

b) de una experiencia previa –en adelante, «*pre-laboratorio*»– que ha consistido en la clase que supuestamente sería de teoría tradicional, se ha llevado un péndulo al que se le permitía cambiar la longitud, y las masas, de manera que se ha generado una discusión participativa de los alumnos, conjeturando posibles variables –forma, tamaño, peso de la masa longitud de la cuerda, altura de donde se realiza el experimento, ángulo de largada del péndulo– . Hemos comprobado que la mayoría estaba visiblemente aceptando la propuesta, y los resultados de las encuestas y entrevistas.

clase de *teoría*. Sin cambios, tal lo acostumbrado en las sucesivas ediciones de implementación del módulo.

clase de *ejercitación* teórica o de trabajos prácticos. Sin cambios, tal lo acostumbrado en las sucesivas ediciones de implementación del módulo.

c) un *laboratorio virtual*, experiencia que se relata en este trabajo.

un *laboratorio real*. Sin cambios, tal lo acostumbrado en las sucesivas ediciones de implementación del módulo.

d) un *pos-test* sobre el tema desarrollado, con preguntas asimilables (aunque más complejas) a las que se habían realizado en el pre-test.

e) *encuestas* de opinión generales al grupo experimental. Opiniones de los auxiliares a cargo de los laboratorios reales, opinión del docente de la teoría.

un *examen* parcial de todos los temas del módulo. Sin cambios, tal lo acostumbrado en las sucesivas ediciones de implementación del módulo.

Los puntos de información fueron el pre-test, las observaciones y opiniones docentes, las encuestas de opinión de los estudiantes, las charlas informales con éstos, el pos-test, los resultados del laboratorio real y los informes del laboratorio virtual.

3.1. En el laboratorio virtual

La secuencia de acciones en el laboratorio virtual para el grupo experimental ha sido el siguiente:

Se parte del protocolo del laboratorio real, –que los estudiantes aún no lo habían realizado– para especificar las misma experiencias en el laboratorio virtual, pero con un recorrido y enfoques diferentes, creándose una guía de LV –laboratorio virtual–.
La diferencia en el protocolo del LR –laboratorio real– estriba en que cada propuesta que en el LR venía completamente cerrada, en la guía de LV se plantea la situación de cambio de una variable y se deja un espacio para que cada grupo de dos estudiantes escribieran su conjetura, sin efectuar ninguna corrida del software de simulación, como se aprecia en la figura 3.1.
Los docentes a cargo del LV –el que tenía la función de mostrar la interfase del software, y su manejo; además del observador «activo»– verificaban que esto fuera así, y de ser necesario

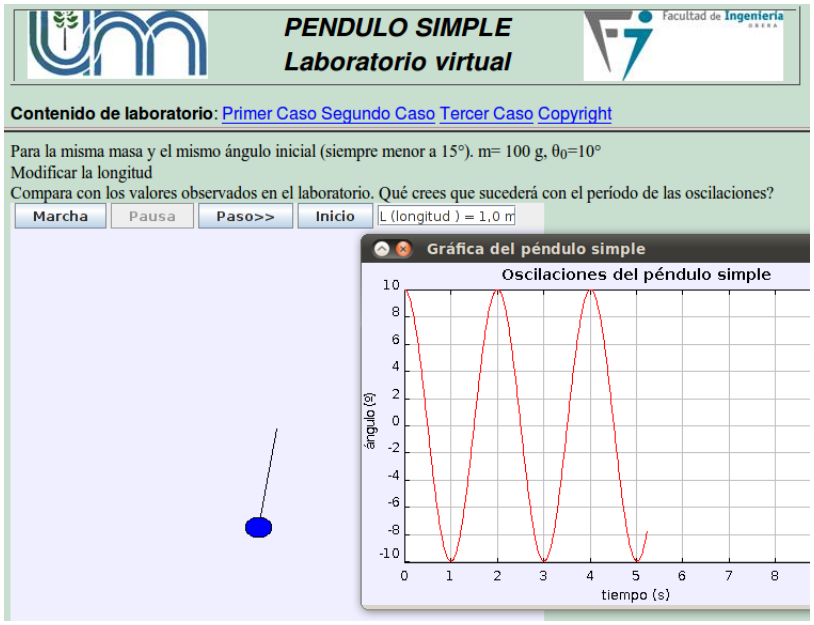

Figura 3.1. LV. Parte de la vista de la interfase para los estudiantes

animaban a que cada conjetura fuera socializada. Las conjeturas no se cambiaban, ni se daba opinión sobre la validez de éstas.
Luego se procedía a invitar a articular una estrategia de uso del simulador para validar la conjetura inicial, apuntándose aquella, y la interpretación de los resultados, junto con las condiciones sobre las cuales hicieron correr el simulador.
El rol del observador activo ha sido: generar una bitácora –«en caliente»– de lo que iba aconteciendo (señalando las interacciones entre estudiantes, observando las reacciones de los mismos en busca de indicadores de comprensión/incomprensión de consignas o del manejo del simulador, señalando contracción o apartamiento por parte de los estudiantes, verificando qué partes de los resultados del simulador eran difíciles de interpretar por los estudiantes), e interactuando con el docente presentador cada tanto, en un lugar poco perturbador para los estudiantes, comentando acerca de la marcha del LV, posibilidad de mejorar la salida del simulador, etc. Por último se realiza una charla para intercambiar puntos de vista y escuchar la voz del estudiante, lo cual quedaba plasmado en la bitácora, para ser analizado posteriormente con el equipo.

La última propuesta es establecer mediciones de longitudes distintas para la misma masa de simulación y un mismo ángulo de abandono del cuerpo oscilante, y su correspondiente período. Esta «medición» es exacta en el simulador, pero hay que hacerla con cuidado en el LR.

3.2. Actividad matemática aplicada relevante

La actividad principal ha consistido del relevamiento y posterior graficación de la curva relación funcional entre nuestra variable de salida: el tiempo versus la longitud.

Los estudiantes han relevado una tabla con mediciones de tiempo –período T, o tiempo que se emplea en generar un ciclo completo de excursiones– respecto de la longitud L. Como cada grupo es independiente en cuanto a la elección de longitudes, la puesta en común de la tabla quedaba con muchas más mediciones que cada grupo individual lograba colectar.

El propósito del último punto del LV es relevar la relación funcional entre las magnitudes

$\frac{T}{T_0} = f\left(\frac{L}{L_0}\right)$. Como la relación es $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$, nuestra decisión desnuda el hecho de que la relación $T' = \sqrt{\ell'}$ en una forma sencilla.

En ese momento surgían los debates, ¿Cuál longitud tomar como L_0? ¿Con qué criterio?, ¿Con cuáles consecuencias? En general esta discusión arribaba a la conclusión de que algunos lo harían tomando el extremo inferior, otros el extremos superior... hasta que alguien sugería que porqué no tomar un punto intermedio...

La intervención docente en este caso era qué punto intermedio: ¿el que dejara tantas mediciones de un lado cuanto de otro? ¿el que más se acercaba al promedio, o el de la longitud promedio misma? Eso hacía que generalmente existiera una corrida más con la longitud promedio de todas las mediciones.

Los que habían optado por tomar la longitud menor como L_0, obtenían la curva $\frac{T}{T_0} = f\left(\frac{L}{L_0}\right)$ a partir de 1 en adelante, los que tomaron el extremos superior, obtenían resultados *hasta* el 1. Notablemente ningún grupo fue capaz de anticipar este resultado, no había experiencia previa que tuviera en cuenta este procedimiento en la carrera –y el tema se daba a mediados del segundo cuatrimestre–

Entonces se invitaba a que los grupos que habían pospuesto la decisión para el final porque trabajaban con una longitud promedio, terciaran con sus datos, que, salvo errores por las aproximaciones contribuían a generar puntos intermedios y abarcando longitudes relativas $\left(\frac{L}{L_0}\right)$ por debajo y por encima del 1.

Una vez que se realizaba la puesta en común de los datos, se usó la planilla de cálculo Open office writer –en adelante OOW– para graficar los resultados y gestionar las regresiones –ver figura 3.2– que los ajusten.

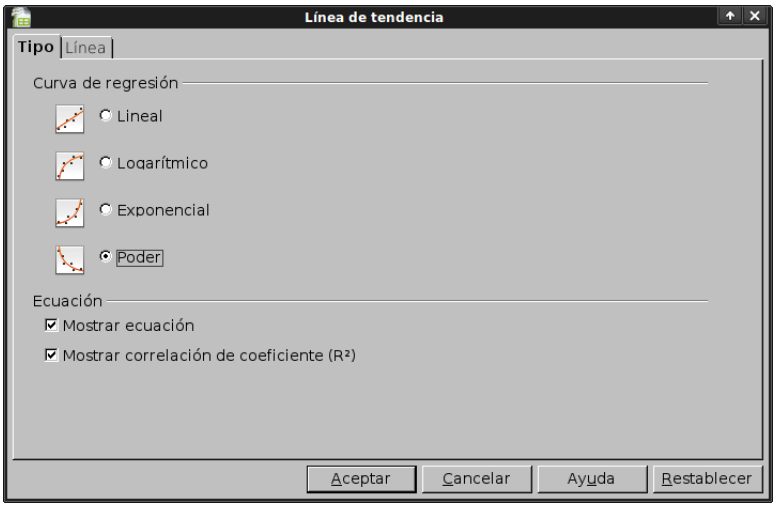

Figura 3.2. Aspecto del software de regresión OOW

3.3. Algo sobre el software

Un simulador abre la posibilidad de mostrar «en funcionamiento» ciertas relaciones entre elementos, y tiene la característica de abarcar una serie de variaciones para un problema. En el caso del ejemplo, la posibilidad de simular –con su debido recorte– las condiciones físicas de

la evolución del péndulo, para con ello, trabajar con una *familia de problemas*, en lugar de con un problema estático.

La misma es una adaptación de un programa en "Easy Java Simulator", en adelante EJS. EJS es un software gratuito, no libre, basado en el lenguaje java –y por ello susceptible de ser incorporado como "*applet*" en las páginas web–, una herramienta de autor que sirve al propósito de diseñar simulaciones interactivas.

EJS está pensado para que sea usado por alumnos y docentes, con poca necesidad de conocimiento de código de programación java. Su particular déficit –al menos en la edición que hemos usado– es que los "*applets*" creados son manejados con una no muy buena calidad en las imágenes, botones y demás; así como que los gráficos de tendencia aparecen en ventanas externas. En otras palabras: la presentación visual no es la mejor. La interacción ofrecida por EJS es suficiente para nuestros propósitos.

Las simulaciones en EJS se estructuran en dos partes, el «modelo»y la «vista». En el modelo se describe el comportamiento del sistema mediante variables y código Java y/o ecuaciones diferenciales ordinarias. Mientras que la vista provee el aspecto gráfico o visual de la simulación, y los diagramas variable-tiempo, en nuestro caso.

La planilla de cálculo –OOW– usada es parte de la "*suite*" ofimática Open office implementa todas las funciones que ofrece la contraparte de la empresa Microsoft, con el agregado de que es software libre. La versión castellanizada, como se aprecia en la figura 3.2 presenta algunos inconvenientes, "*poder*" no es lo mismo que «*potencial*». En esta experiencia se usan sus herramientas de regresión asociadas a los gráficos de dispersión.

4. Resultados

Los resultados de los pre y pos tests se dan en otros trabajos. En este apartado mencionamos algunas expresiones sobre la opinión de los estudiantes involucrados y las de los auxiliares a cargo del LR a fin de dar cuenta la posterior conclusión.

Los estudiantes han resuelto la primera parte de la actividad descrita en 3.2, para comentar, hemos extractado los resultados de los tres primeros primeros grupos de la última experiencia, notando que son similares a los otros, por lo cual el extracto resulta representativo. El resultado es el cuadro 4.1, donde después de consolidada la tabla con los valores diferentes, se ha confeccionado una con siete mediciones, que es con la cual se realizan las razones antes mencionadas.

T_1	L_1	T_2	L_2	T_3	L_3
0,9	1,87	0,5	1,41	0,5	1,41
1	2,03	1	2	1,5	2,44
1,1	2,08	2	2,84	2	2,84
1,2	2,17	3	3,48	3	3,48

Cuadro 4.1. Mediciones de los estudiantes

Algunas preguntas relacionadas con el LV fueron

1: ¿Consideras que el uso de simulaciones te ayudó a comprender el tema de péndulo simple?

2: ¿El uso de las simulaciones aumentó tu interés por Física?

3: ¿Consideras que el uso de simulaciones te sirvió para la integración de teoría, práctica y laboratorio de péndulo simple?

4: ¿El uso de las simulaciones te llevó a querer saber más del tema dado?

5: ¿Qué significó para ti el uso de simulaciones en péndulo simple?

Y las respuestas se condensan en el cuadro 4.2, salvo la última, que se transcribe mas abajo.

pregunta	Absolutamente sí	En parte sí	Me da igual	En parte no	Absolutamente no
1	10	5	1	0	0
2	7	8	1	0	0
3	12	4	0	0	0
4	5	8	2	1	0

Cuadro 4.2. Respuestas de los estudiantes

Se determinó que un 62,5 % del total de los estudiantes consideró que le sirvió la simulación para comprender el tema. Como un 31 % le ayudó parcialmente y solamente un alumno consideró que la utilización de las simulaciones le daba igual. Un 44 % le aumentó su interés en física, un 50 % solo en parte y un estudiante consideró que le daba igual. El 75 % de ellos consideró que le ayudó a la integración del tema y el 25 % solamente en parte. El uso de simulaciones lo quisieron extender a otros temas porque consideraron que les ayudo a comprender mejor. Un 31 % quisiera seguir viendo el mismo tema y 50 % parcialmente. Un 12 % de los alumnos consideró que le dada igual y un estudiante que parcialmente no quería

Respecto de la pregunta 5, Un 87,5 % del total de los estudiantes opinó de manera muy halagadora, mas de lo que se esperaba cuando se presentó esta propuesta didáctica. Los alumnos consideraron que le ayudó a comprender el tema, que significó un gran aporte para entender mejor el fenómeno, y como una instancia que mejora la comprensión de los conceptos vistos en teoría. Solo dos estudiantes no opinaron a favor, uno para el cual que no significó nada y otro que no contestó.

La opinión de los auxiliares respecto de cuáles actitudes diferentes habían encontrado entre los grupos número X-Y-Z respecto de los grupos P-Q-R; donde los primeros eran algunos grupos experimentales y los segundos algunos grupos de control, y los auxiliares no estaban al

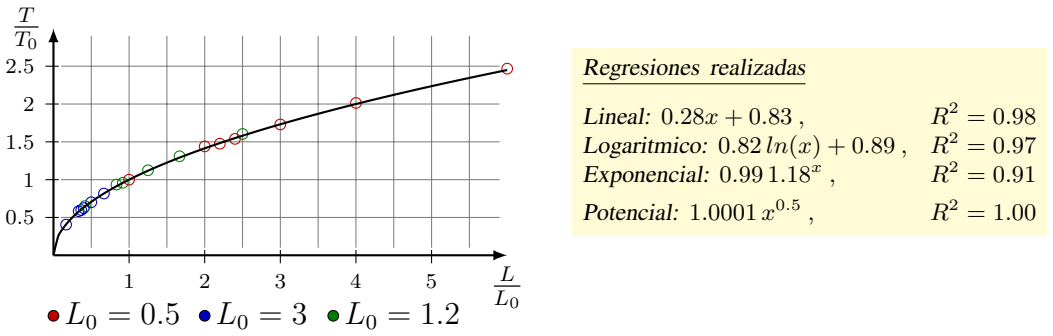

Figura 4.1. Mediciones de tres grupos de estudiantes

tanto de ello responden que en general los grupos que luego se clasificaron como experimentales, tenían una mejor y más rápida respuesta. Asimismo los informes de laboratorio real en general eran de superior calidad para los grupos experimentales.

5. Conclusiones

Los estudiantes se muestran muy interesados en la manera de abordaje que supone el LV, charlas luego de finalizada la misma nos permiten afirmar que el estudiante quiere saber a priori qué se espera de él cuando por aleatoriedad resulta que aparece en un grupo experimental. Concretamente estaban inseguros antes de entrar a la sala de cómputos, porque pensaban que tal vez no darían «la talla».

La mayoría no concatenaba los resultados de la teoría a la hora de analizar los datos de la experiencia de la sección 3.2 –sólo unos pocos establecían la fórmula de la teoría, pero tampoco la relacionaban con la que se estaba pidiendo–, lo cual nos lleva a conjeturar que tal vez la mejor secuencia para este concepto sea dejar la teoría para luego del laboratorio virtual, es decir, colocar las innovaciones temporalmente antes que el enfoque tradicional, y ajustar éste a los resultados y experiencias que los estudiantes hayan tenido. Así también a que este tipo de trabajos pueden realizarse tanto en las asignaturas de matemática cuanto en física, para que los estudiantes puedan crear patrones que consoliden una integración de las asignaturas, más cuando estudian ingeniería.

Por otro lado el hecho de que los estudiantes –la mayoría– probaran todas las posibilidades de regresión que ofrece OOW, puede estar indicando dos realidades: con probar no se pierde nada –componente lúdico–, o que realmente no estaban esperando una relación en particular, –que pudo haber sido pensada desde las herramientas de la teoría– lo cual refuerza la conclusión del párrafo anterior.

Referencias

[Giorgi et al. 2006] Giorgi, S. M., Concari, S. B., y Pozzo, R. L. (2006). Acerca de cuerpos en movimiento: Un diálogo constructivo entre la intuición y la física. *Revista IRICE*, (19):93–110.

[Giraldo Huertas 2006] Giraldo Huertas, J. J. (2006). *Manual para los seminarios de investigación en psicología: profundización conceptual y textual*. Universidad Cooperativa de Colombia.

[Lutz y Ramsey 1974] Lutz, F. W. y Ramsey, M. A. (1974). The use of anthropological field methods in education. *Educational Researcher*, 3(10):5–8.

[Moreira 2003] Moreira, M. A. (2003). Modelos mentales. `www.if.ufrgs.br/~moreira/modelosmentales.pdf`, pag. 42 págs.

[Vasilachis et al. 2007] Vasilachis, I. et al. (2007). *Estrategias de investigación cualitativa*. Gedisa, Buenos Aires.

[Wust y Arlettaz 1999] Wust, C. y Arlettaz, M. (1999). El ciclo de una innovación educativa: de proyecto módulos a sistema módulos. *VIII Encuentro Nacional sobre la Enseñanza de la Matemática en Carreras de Ingeniería*.