

# Curso con Ambiente Adaptativo de Aprendizaje y Entrenamiento en Línea

J. Julieta Noguez Monroy<sup>1</sup>, Luis J. Neri Vitela, Víctor F. Robledo-Rella, Iván L. Pérez-Cabrera, Maribel Reyes Millán, Jessica Toro Palacios, José Alberto Herrera Bernal, Laura Patricia Zepeda Orantes, Flor Ortinez López, Ahylim Zamoyoa Larysse, Lamberto Álvarez Palacios, Hugo Hiram Castillo Rosales

<sup>1</sup>Cátedra de investigación en eLearning, Campus Ciudad de México,  
jnoguez@itesm.mx

## Resumen

Este proyecto consistió en la aplicación en plan piloto del desarrollo de un curso en un ambiente virtual de aprendizaje brindando una interacción adaptativa con retroalimentación y retos personalizados, de acuerdo al desempeño y aprendizaje de los estudiantes. Se conjuntó la experiencia de la Cátedra de investigación en e-Learning, de la de la Universidad Tec Virtual y del Departamento de Ciencias de la Preparatoria de Campus Ciudad de México, para enriquecer el curso de Energía y movimiento, de nivel Preparatoria. El proceso general para el realizar el proyecto consistió de 4 etapas: diseño de curso, elaboración de recursos tecnológicos, estudio de campo y obtención de resultados y análisis. Se desarrolló un recurso integrado que consta de: a) un documento interactivo Flash (tipo ebook), b) 30 reactivos de un cuestionario usando el Sistema Adaptativo de Entrenamiento en Línea Aprender y c) simuladores para el aprendizaje activo basado en el sistema AuthorPhysics. El estudio de campo se llevó a cabo durante los semestres agosto-diciembre de 2012 y enero-mayo de 2013, con el objetivo de estudiar el impacto del uso del recurso integrado en el aprendizaje de los alumnos. Los profesores y estudiantes que adoptaron este recurso consideran que es muy valioso y que tiene gran potencial para mejorar el aprendizaje. Sin embargo, es necesario aumentar la muestra de alumnos así como mejorar el proceso general de implantación y evaluación.

**Palabras clave:** Ambientes Virtuales de Aprendizaje, eLearning, Aprendizaje Activo de la Física, Simuladores, Impacto de Aprendizaje.

## Introducción

Aunque hoy en día hay sistemas de software muy robustos que acompañan a los textos de las principales editoriales con una gran cantidad de recursos tecnológicos, estos sistemas no siempre incluyen la funcionalidad adaptativa propuesta, ni se integran totalmente a los programas analíticos de nuestra institución.

El objetivo de este proyecto fue diseñar e implementar recursos tecnológicos para el curso de Energía y Movimiento de nivel Preparatoria, incorporando actividades de aprendizaje activo y que fuese transferible a nivel sistema, con las siguientes características: a) contar con un entorno virtual de aprendizaje, b) con interacción adaptativa de acuerdo al desempeño y aprendizaje de los estudiantes y c) brindar retroalimentación y retos personalizados. Para alcanzar los objetivos se conjuntó la experiencia de la Cátedra de E-learning, de la de la Universidad Tec Virtual y del Departamento de Ciencias de la Preparatoria de Campus Ciudad de México. A continuación se describirá cómo se llevó a cabo el proceso del proyecto.

## Proceso

El proceso general para el realizar el proyecto puede resumirse en 4 grandes etapas:

i) Diseño de Curso. Se seleccionó el tema de Leyes de Newton y se eligió un esquema *Blended Learning*. Se identificó la necesidad de contar con un recurso integrado y se añadió al plan la elaboración de un documento interactivo en Flash que mostrara los conceptos y que permitiera vincular los otros recursos.

ii) Recursos. En esta etapa se elaboró un recurso integrado el cual consta de: 1) un documento interactivo Flash (tipo ebook), 2) 30 reactivos para un cuestionario usando el Sistema Adaptativo de Entrenamiento en Línea Aprender [1] y 3) simuladores para el aprendizaje activo basado en el sistema AuthorPhysics<sup>1</sup> [2].

iii) Estudio de Campo. El proceso de aplicación y evaluación se llevó a cabo durante 2 semestres: agosto-diciembre 2012 y enero-mayo 2013, como se describe en la sección 4 de este documento.

iv) Resultados y análisis. Los resultados se describen en la sección 5, las conclusiones se describen en la sección 6 y finalmente, en la sección 7 se presenta el trabajo futuro.

---

<sup>1</sup> Este sistema fue reconocido con el Premio a la Innovación Educativa 2011 de la Vicerrectoría Académica del sistema Tecnológico de Monterrey.

## Diseño y construcción de recursos

En esta sección se describen las herramientas que conforman el recurso integrado del proyecto.

### 1.1 Documento de flash interactivo

El documento flash interactivo fue elaborado entre la Universidad Tec Virtual y profesores de la Prepa Tec CCM, cuya portada se muestra en la figura 1. Este documento interactivo incluye explicación de los temas con ejemplos y animaciones atractivas para los estudiantes. El documento contiene ligas a los otros ejercicios interactivos, así como a simuladores en forma de applets para el tema de dinámica.



Figura 1: Documento Flash Interactivo

### 1.2 Reactivos y cuestionarios para Aaprender

Aaprender es un sistema destinado a desarrollar las habilidades de razonamiento y de resolución de problemas de los estudiantes. En este sistema cada alumno sigue una secuencia de ejercicios distinta, dependiendo de su interacción con el sistema, como se muestra en la figura 2. El sistema proporciona retroalimentación a los estudiantes de acuerdo a sus errores. Adicionalmente, los profesores pueden generar reportes específicos sobre el desempeño de los estudiantes. En la figura 3 se muestra un ejemplo de un reactivo en este sistema.



Figura 2: Navegación adaptativa del sistema Aaprender

**Descripción:**  
Problema 2 del tema: Aplicaciones de un bloque

**Enunciado:**  
Una caja de herramientas de 10.0 kg está sobre una rampa inclinada rugosa. El ángulo de inclinación de la rampa es  $\theta = 25.0^\circ$  y los coeficientes de fricción estática y cinética entre la caja y la rampa son  $\mu_s = 0.600$  y  $\mu_k = 0.400$ , respectivamente. Para subir la caja sobre la rampa, un trabajador aplica una fuerza paralela a la rampa de 100 N sobre la caja como se muestra en la figura. Calcúla la aceleración que adquiere la caja mientras empuja el trabajador.

**Imagen:**

Figura 3: Elementos de un reactivo en el sistema Aaprender

### 1.3 Diseño de simuladores de aprendizaje activo: AuthorPhysics.

AuthorPhysics es una herramienta de autoría para crear simulaciones para la enseñanza de la física [2]. Es fácil de usar y combina características de edición con herramientas de modelado de la física. Su interfaz de usuario es dinámica e interactiva, permite al usuario diseñar y elaborar un experimento de simulación sin requerir conocimientos de programación.

Se generó un conjunto de simuladores interactivos (figura 4), los cuales son: a) plano inclinado simple, b) máquina de Atwood, c) polea en soporte rectangular y d) polea en plano inclinado.

Entre las ventajas de estos simuladores para los estudiantes se pueden mencionar:

- Emplear una variedad de representaciones que son útiles en la comprensión de los conceptos fundamentales, las relaciones y procesos.
- Desarrollar la comprensión de los fenómenos y las leyes de la física a través de un proceso de toma de hipótesis y pruebas de ideas.
- Aislar y manipular los parámetros, y por lo tanto ayudar a desarrollar una comprensión de las relaciones entre los conceptos físicos, las variables y fenómenos.

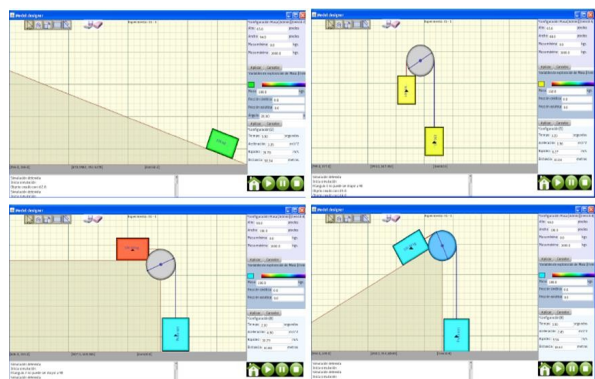


Figura 4: Simuladores para el recurso integrado

## Estudio de Campo

En esta sección se describe el estudio de campo que se llevó a cabo durante los semestres agosto-diciembre de 2012 y enero-mayo de 2013, con el objetivo de estudiar con grupos de estudiantes el impacto del uso del recurso integrado en el aprendizaje de los alumnos. Los resultados de este estudio se presentan posteriormente en la sección 5.

### 1.4 Planeación y coordinación de grupos

Se escogieron grupos Foco (o experimentales) de alumnos que usaron el recurso integrado y grupos de control (o de comparación) que no lo usaron, para estudiar las posibles diferencias en el aprendizaje de los alumnos de estos dos conjuntos. El proceso de aplicación y evaluación del recurso integrado constó de 4 etapas:

i) Aplicación del Pre-Test. Se aplicó a ambos conjuntos, Foco y Control, un examen antes del uso del recurso para evaluar el conocimiento previo de los alumnos sobre el tema de Leyes de Newton. El Pre-Test consistió de 4 reactivos y se aplicó en el salón de clase durante un tiempo de 15 a 20 minutos.

ii) Uso del recurso integrado. Se dio acceso sólo a los alumnos de los grupos Foco al recurso integrado por un periodo de dos a tres semanas y se les pidió que: *a)* revisaran el recurso Flash interactivo, *b)* trabajaran los problemas adaptativos del tema en el sistema de entrenamiento en línea Aaprender y *c)* revisaran los simuladores en línea del sistema AuthorPhysics. Simultáneamente, se entregó en forma impresa el mismo conjunto de problemas de entrenamiento a los alumnos de los grupos de Control, con el fin de garantizar hasta donde fuese posible la paridad en acceso a recursos didácticos a ambos conjuntos de alumnos. Sin embargo los grupos de Control no tuvieron acceso al documento Flash interactivo ni al uso de los simuladores.

iii) Aplicación del Post-Test. Al término del periodo de uso del recurso integrado se aplicó tanto a los alumnos de los grupos Foco como a los de Control un examen para evaluar su conocimiento posterior sobre el tema. El Post-Test se diseñó de tal forma que fuera idéntico en estructura y en nivel de dificultad al Pre-Test, con el fin de tener una base homogénea sobre la cual poder comparar los resultados de ambos conjuntos de alumnos. El Post-Test también se aplicó en el salón de clase y se les dio a los alumnos un tiempo similar al del Pre-Test para resolverlo dado que es una variable importante. Se definieron criterios específicos para calificar cada uno de los reactivos que componen el Post-Test y se realizó una prueba en la que los mismos grupos fueron calificados por 2 profesores distintos, obteniendo básicamente la misma calificación promedio y la misma desviación estándar. De esta manera, se controló el parámetro en cuanto al rigor con el que se calificaron los Pre-Test y los Post-Test.

iv) Aplicación de encuestas de opinión. Con el objetivo de estudiar la percepción de los alumnos de los grupos Foco sobre la utilidad que tuvo el recurso en el aprendizaje del tema, se les aplicó una encuesta de opinión. Esta encuesta se realizó de forma escrita dentro del salón de clase después de que los alumnos resolvieron el Post-Test.

#### 1.4.1 Semestre Agosto-Diciembre 2012

Durante el semestre AD2012 se seleccionaron 6 grupos de la materia de Energía y Movimiento (PC5012) del programa de Preparatoria del Campus Ciudad de México. Participaron tres profesores de la Prepa Tec y cada profesor tuvo un grupo Foco (o experimental) y un grupo Control. De esta manera se eliminaron las posibles variaciones en los resultados debidas al cambio de profesor.

En este periodo no se aplicó un Pre-Test previo al uso del recurso integrado, debido a que los primeros meses del semestre se usaron para desarrollar las diferentes componentes del recurso integrado, el cual estuvo listo sólo hasta la segunda parte del periodo, cuando el Tema de Leyes de Newton ya había sido cubierto en clase por el profesor. De esta manera se decidió aplicar el recurso integrado en los grupos Foco al final del semestre, y se consideró por lo tanto que ya no tenía sentido aplicar el Pre-Test. Sin embargo se consideró también que el recurso integrado de todas formas sería de apoyo a los alumnos para prepararse para su examen final. El último día de clases se aplicaron Post-Test en el salón de clases tanto a los grupos Foco como de Control con el objetivo de investigar si el uso del recurso integrado favorecía el aprendizaje de los alumnos.

#### 1.4.2 Semestre Enero-Mayo 2013

Durante el semestre EM2013 se usó el recurso integrado en 2 grupos: 1 de la materia de Introducción a la Física (F1001) y 1 de la materia de Energía y Movimiento (PC5012). Se contó con sólo un grupo de Control para la materia F1001 y no se pudo contar con ningún grupo de Control para la materia PC5012. A diferencia del semestre AD2012, se aplicó un Pre-Test a todos los grupos antes de usar el recurso, y un Post-Test a todos ellos después de que se utilizó el recurso integrado. Se tuvo cuidado de que el grupo Control tuviera a su disposición por escrito los enunciados de los problemas principales del recurso, con el objetivo de que los alumnos de este grupo pudieran practicar con los problemas en igualdad de circunstancias, hasta donde fuese posible, que los alumnos de los grupos Foco.

Se calcularon para cada grupo:

*a)* la ganancia de aprendizaje absoluta promedio del grupo, definida por:

$$\langle G \rangle = \langle Post - Test \rangle - \langle Pre - Test \rangle \quad (1)$$

y, b) la ganancia de aprendizaje relativa promedio del grupo, definida por [3]:

$$G_{rel} = \frac{\langle Post - Test \rangle - \langle Pre - Test \rangle}{100 - \langle Pre - Test \rangle} \quad (2)$$

donde  $\langle Pre - Test \rangle$  y  $\langle Post - Test \rangle$  son los promedios del Pre-Test y del Post-Test de los alumnos del grupo en cuestión. La ganancia relativa se define como la ganancia de aprendizaje lograda por el alumno con respecto a la máxima ganancia que pudiese obtener.

### 1.5 Cuestionarios de Usabilidad

Se aplicaron encuestas de opinión sobre el uso de las diversas herramientas empleadas en la impartición de los cursos: 1) Documento Flash interactivo, 2) Sistema de Entrenamiento en Línea adaptativo y 3) Simuladores para el aprendizaje activo.

Dado que las tres herramientas son de carácter interactivo, se seleccionaron propiedades clave de usabilidad para ser examinadas. En la investigación se consideró un conjunto de 5 elementos que representan algunas propiedades de usabilidad. Se utilizó una escala de Likert [4] para evaluar cada propiedad de la usabilidad de las herramientas mencionadas, a saber: 1) Totalmente en Desacuerdo, 2) En Desacuerdo, 3) Indiferente, 4) De Acuerdo, 5) Totalmente de Acuerdo y 6) No Aplica.

Las preguntas que se utilizaron para evaluar las propiedades de usabilidad de cada herramienta fueron:

- P1. Pude usar la herramienta sin problemas.
- P2. La información se presenta de manera clara y ordenada.
- P3. Considero que la herramienta me proporciona retroalimentación adecuada.
- P4. Considero que la herramienta facilitó mi aprendizaje de los conceptos del tema.
- P5. Considero que la herramienta me ayudó a mejorar mi habilidad de resolución de problemas del tema.

Las encuestas se aplicaron en el salón de clases en ambos periodos AD2012 y EM2013. Los resultados se presentan en la sección siguiente.

### Resultados

Derivados del estudio de campo se obtuvieron los siguientes resultados.

### 1.6 Semestre Agosto – Diciembre 2012

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos para el Post-Test promedio para el semestre AD2012. En la figura 1 del Anexo I se muestran los resultados gráficamente.

Tabla 1: Resultados del semestre Agosto – Diciembre 2012.

	Prof 1 Foco	Prof 1 Control	Prof 2 Foco	Prof 2 Control	Prof 3 Foco	Prof 3 Control
Num	30	23	25	22	23	21
Post - Test	77	89	67	66	72	80
Dev. Est.	21	10	30	22	17	16

Por razones de implementación del proceso no se obtuvieron diferencias significativas en impacto de aprendizaje entre los grupos Foco y Control.

También se realizaron estudios que correlacionan algunas de las variables del proceso. Por ejemplo, la Figura 5 muestra la relación entre el Post-Test promedio y la calificación final de la materia de cada alumno para uno de los grupos considerados. En el anexo I se presentan los resultados de todos los grupos.

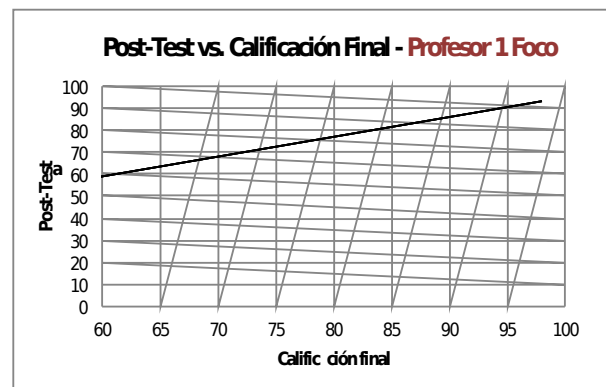


Figura 5. Relación entre la calificación del Post-Test con la calificación final del alumno, para uno de los grupos del Semestre AD2012.

El propósito de la herramienta Aprender es que le sirva al alumno para practicar y desarrollar su habilidad de resolución de problemas, así que para cada alumno se definió una *eficiencia* dada por el cociente del número de reactivos correctos entre el número de intentos totales dentro del sistema:  $e = N_{correctos} / N_{total}$ . La Figura 6 muestra la relación entre el Post-Test del alumno y la “eficiencia” del alumno en Aprender para uno de los grupos.

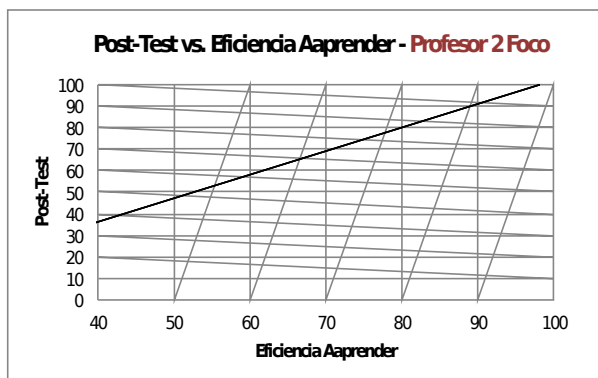


Figura 6. Relación entre la calificación del Post-Test con “eficiencia” del alumno en *Aaprender* para uno de los grupos Foco.

En el anexo I se incluyen los resultados para todos los grupos.

### 1.7 Semestre Enero – Mayo 2013

En la Tabla 2 se muestran los resultados correspondientes para los grupos del semestre EM2013.

Tabla 2: Resultados del semestre Enero – Mayo 2013.

Grupo	N	<Pre-Test >	>Post-Test >	<G>	G <sub>rel</sub>	Calif final
Prof 4 Foco	10	35	75	40	0.61	71
Prof 5 Control	12	38	70	32	0.53	69
Prof 5 Foco	5	43	73	30	0.53	77

En la Tabla 3 se añadieron los resultados para los dos grupos Foco con el objetivo de comparar sus resultados globales con los del grupo de Control.

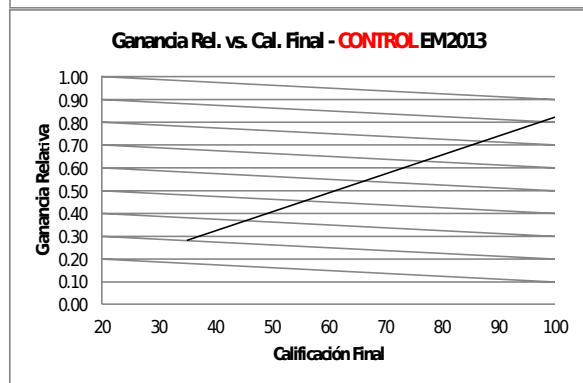
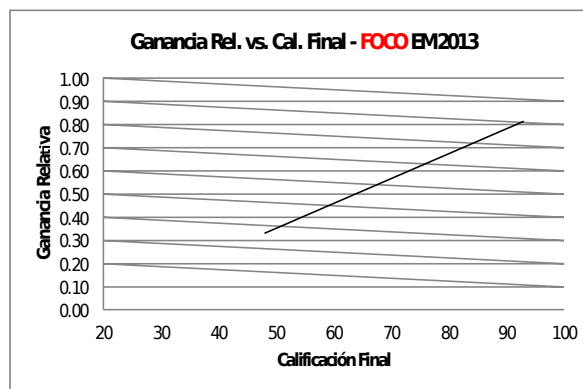
Tabla 3. Resultados combinados del semestre Enero – Mayo 2013

Grupo	N	<Pre-Test >	>Post-Test >	<G>	G <sub>rel</sub>	Calif final
Foco	15	37	74	37	0.59	73
Control	12	38	70	32	0.53	69

En las tablas anteriores se observa que la ganancia de aprendizaje promedio, la ganancia relativa promedio, así como el promedio final de la materia son mayores para los alumnos de los grupos Foco en comparación con los alumnos del grupo Control, aunque estas diferencias no son significativas estadísticamente.

Los resultados y las gráficas de los estudios del Post-Test contra la Calificación Final de los alumnos de los grupos Foco y de Control, así como el Post-Test y la Ganancia de aprendizaje relativa del alumno vs. la Eficiencia del uso de la herramienta *Aaprender* para el periodo EM2013 se muestran en el anexo II. Aunque la dispersión de datos es alta, las líneas de tendencia mostradas sugieren que el uso de *Aaprender* tiene un impacto positivo en el aprendizaje del alumno, quien obtiene mejores ganancias de aprendizaje

Finalmente, en las Figuras 7a y 7b se muestra gráficamente la ganancia relativa vs. la calificación final de los alumnos para los grupos Foco y Control, respectivamente. Aunque la dispersión de datos es alta, es interesante notar en ambas muestras que la calificación final del curso es mayor para los alumnos que obtuvieron ganancias relativas mayores, esto es, para los alumnos que más progresaron en el tema. Por otra parte, las calificaciones finales son más altas en promedio y están menos dispersas para los alumnos del grupo FOCO.



Figs. 7a – 7b. Ganancia relativa vs. Calificación final de los alumnos para los grupos Foco y de Control.

## 1.8 Encuestas de opinión

Los resultados de las encuestas de opinión de los estudiantes se muestran en el anexo III. Se encontró que en general, los alumnos consideran que el uso del recurso integrado favoreció su aprendizaje

Además de las encuestas a los estudiantes, se pidió la opinión de los profesores sobre el recurso integrado. Aunque no se aplicó una encuesta formal los profesores opinaron que el diseño del recurso era atractivo y que tiene gran potencial para aplicarse en sus cursos y favorecer el aprendizaje de los estudiantes, ya que estos lo encontraron atractivo y útil, como se vio en la sección anterior. Los profesores se mostraron motivados para emplear el recurso en sus clases futuras.

## Conclusiones

En este proyecto se logró la coordinación exitosa de tres grupos de trabajo del sistema Tec (Universidad Tec Virtual, Prepa Tec y Cátedra de eLearning).

También se logró la integración exitosa de tres herramientas de TI aplicadas a un ambiente educativo (Documento flash interactivo, Sistema de entrenamiento en línea Aaprender y un ambiente de simulación en línea AuthorPhysics).

El equipo de trabajo implementó exitosamente una metodología de aplicación y evaluación sólida y consistente de un recurso integrado aplicado a cursos de Física de nivel preparatoria y profesional.

Cabe mencionar que en algunos grupos faltó control en las condiciones en las que se aplicaron los recursos y los instrumentos de evaluación. Lo anterior sugiere que se requiere capacitación previa tanto para estudiantes como para profesores antes del uso del recurso integrado.

Respecto a la opinión sobre el recurso integrado, las encuestas mostraron que en general la mayoría de los estudiantes tuvieron una percepción favorable sobre el uso de cada una de las herramientas.

Los resultados sugieren que los alumnos que tuvieron una mayor eficiencia en el uso del sistema Aaprender, alcanzaron una mayor ganancia de aprendizaje. Cabe mencionar que los resultados no son todavía significativos estadísticamente. Se debe aumentar el tamaño de la muestra.

A pesar de los problemas presentados los profesores participantes consideran que el recurso es muy valioso y con gran potencial para mejorar el aprendizaje de sus estudiantes.

Los resultados obtenidos muestran que no hay una diferencia significativa en la calificación del Post-Test entre los grupos Foco y los grupos de Control

## Trabajo futuro

Se propone desarrollar otros módulos de las materias de Energía y Movimiento, y de Introducción a la Física, para incluir más temas.

Se está rediseñando el Pre-Test y el Post-Test para poder evaluar de manera más adecuada el impacto en el aprendizaje de los alumnos. También se adecuará el cuestionario de usabilidad para obtener más información sobre la aceptación del recurso por parte de los alumnos así como de los profesores.

Finalmente se aplicará nuevamente el proceso durante el periodo agosto-diciembre 2013 para al menos 8 grupos (4 Foco y 4 Control) vigilando con más cuidado la implementación, el uso de los recursos tecnológicos y el proceso de evaluación.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado por el fondo Novus 2012, aplicado principalmente a la adquisición de un servidor de producción para la atención de alumnos y profesores participantes en este proyecto.

También agradecemos la valiosa participación en la evaluación de campo de los siguientes profesores: William Cuervo, Enrique Farfán, José Antonio Nava, Luis Neri, Ricardo Ojeda, Lucía Ortinez y Lamberto Álvarez.

## Referencias

- [1] L. Neri, J. Noguez, & V. Robledo-Rella, *Improving problem-solving skills using adaptive on-line training and learning environments*. International Journal for Engineering Education, Vol. 26, No. 6, pp. 1316–1326, 2010
- [2] L. Neri, J. Noguez, I. Pérez, G. Aguilar. *Facilitating the Design of Physics Active Learning Problems Through Authoring Simulation Tools: AuthorPhysics*. Proceedings of the 41th IEEE International Conference on Frontiers in Education (FIE2011). Rapid City, South Dakota, USA. October 12 - 15, 2011
- [3] R.R. Hake, *Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanic test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys., 66 (1), pp 64-74, 1998.
- [4] F. Sánchez, et al.: *Psicología Social*. McGraw-Hill. Madrid (1998).