



**TECNOLOGICO
DE MONTERREY.**

Diseño e implementación de software a un dispositivo móvil (iPhone, iPod Touch y/o iPad ®) para la enseñanza de las ciencias a través de la tecnología.

M.C. David Poot Rodríguez

Autor/presentador

dpoot@itesm.mx

Tec de Monterrey, Campus Estado de México

Tema:

Uso didáctico de las tecnologías de la información y comunicación (TIC's)

Uso de otros recursos tecnológicos como apoyo al aprendizaje

11/29/2010

Palabras Clave: *Acelerómetro, App, Aprendizaje, Aula, Ciencias, Enseñanza, Experimento, Física, Impacto, iPad, iPhone, iPod, Laboratorio, Modelo Educativo, Movimiento Armónico Simple, Tecnología*

Resumen

En la actualidad, no se puede hablar de ningún aspecto de la vida sin referirse en algún momento al uso de las nuevas tecnologías de información, pues éstas están implícitas en toda dimensión de la vida: en la ciencia, en la economía, en la educación, en el entorno y desarrollo social, etc. Pero todos estos ámbitos cubiertos por la tecnología pueden cuestionarse al querer saber si es que la tecnología o la presencia de la misma, puede cambiar un sistema previamente establecido. Este cambio se comienza a contemplar ante un problema global y ahora particular del Tec de Monterrey que resulta en la falta de interés de los alumnos en la ciencia cuestionando el método de enseñanza de las ciencias; por ello, las nuevas tendencias globales salen a la luz y se estudia el uso de la tecnología como detonante de un cambio sustancial. En este documento se describe el diseño, desarrollo e implementación de una aplicación para iPhone, iPod Touch y/o iPad para ilustrar conceptos físicos a través de la tecnología, con el fin de aumentar el aprendizaje y mejorar la asimilación de estos conceptos de los alumnos. Por consiguiente, la validación de la aplicación se lleva a cabo por medio del diseño de prácticas específicas en el que se utilice la herramienta previamente diseñada comparando con alumnos que no recibieron la instrucción con la herramienta. El uso de la herramienta resulta en un cambio significativo en el aprendizaje y asimilación de conocimientos del alumno.

Introducción

La problemática planteada en este documento proviene de la necesidad de cambiar la estrategia en la enseñanza de las ciencias para un mejor aprovechamiento del conocimiento. Este cambio de estrategia promueve el uso de la tecnología para la mejor asimilación de conceptos, así como la ejemplificación en tiempo real de la teoría por medio de la experimentación simple y concreta.

En la actualidad, existen carencias en el sistema educativo mexicano que llevan a cifras alarmantes sobre el aprendizaje de las ciencias. Aproximadamente 581,412 alumnos de nivel medio superior y superior reprueban al menos una materia de matemáticas, física y química de un total de 2,325,649 alumnos de estos niveles que reprueban una materia (INEGI, 2006).

Una alternativa de solución es la implementación del uso de tecnología en el aula; según Russel y Sorge (1999) la tecnología le otorga al alumno más control sobre su propio aprendizaje, facilitando el pensamiento analítico y crítico desde una aproximación constructivista. Su conclusión, es que la integración de la tecnología en la enseñanza tiende a convertir un salón de clase en donde domina la intervención del profesor a un entorno centrado en el estudiante.

Los dispositivos móviles con sensores más usados actualmente son los iPod Touch y iPhone. Por ende, la opción más obvia de selección para desarrollo de una aplicación en un dispositivo móvil.

Analizando los elementos electrónicos que poseen los dispositivos móviles hoy en día, el iPhone y el iPod Touch cuentan con acelerómetros que permiten captar la aceleración del mismo ante un cambio de velocidad con respecto a un cierto tiempo; es por esto, que entre los temas de un plan de estudios de física general se encuentran el movimiento armónico simple y cantidad de movimiento; estos temas resultan ser excelentes para la demostración de los conceptos con el uso de estos dispositivos, ya que modelan ecuaciones de aceleración para caracterizar su comportamiento.

De esta forma, nace la idea de diseñar y desarrollar una aplicación en los dispositivos más usados y en la plataforma de más uso en la actualidad para la implementar estrategias de enseñanzas diferentes que impacten directamente el interés del alumno y despierte en él el interés por las ciencias. Por consiguiente, una reducción en el índice de reprobación o el crecimiento de eficiencia terminal en las materias de ciencia, específicamente en el área de física y en los temas de movimiento armónico simple y cantidad de movimiento.

Con base en la problemática planteada anteriormente, se pretende diseñar, desarrollar e implementar una aplicación (software) que mejore el aprovechamiento del alumno en los temas de movimiento armónico simple y cantidad de movimiento correspondientes a un curso de física general para nivel medio superior y nivel superior.

El software será desarrollado en la plataforma *iOS – Cocoa Touch* de Apple® por medio de la herramienta *Xcode* también de Apple® con el lenguaje *Objective-C* para dispositivos iPod Touch, iPhone y iPad bajo el nombre: M-iLab

Este desarrollo permitiría cambiar el método de enseñanza de estos temas por medio del uso de la tecnología para su mejor asimilación.

Objetivos de M-iLab

- Desarrollar una aplicación (software) en un dispositivo móvil Apple iPhone® 3G o Apple iPod Touch® con una interfaz gráfica amigable que pueda realizar una serie de gráficas de aceleración, aproximaciones y cálculos que ejemplifiquen los conceptos de movimiento armónico simple y cantidad de movimiento contenidos en un curso de física general para nivel medio superior y nivel superior.
- Mejorar la interpretación y asimilación de los alumnos del Tec de Monterrey, en los temas: movimiento armónico simple y cantidad de movimiento, mediante la captación de información de alta latencia de los acelerómetros de los dispositivos móviles iPhone, iPad y/o iPod Touch por medio del software diseñado, desarrollado e implementado en paralelo.
- Despertar la atención e interés de los alumnos de bachillerato del Tec de Monterrey en el área de ciencias, mediante la herramienta diseñada para aumentar la matrícula entrante a las carreras de ingeniería.

Marco teórico

Toda la revolución de uso de tecnología en el aula ha llevado a investigadores a realizar estudios para evaluar todas las tecnologías aplicadas comparando el modelo de aprendizaje convencional con un modelo en el que el entorno está lleno de tecnología. Recientes investigaciones demuestran que el uso de tecnología aplicada como se puede apreciar en el CECTEC (Centro de la Enseñanza de las Ciencias a través de la Tecnología)¹ facilita la comprensión y aplicación de conceptos tales como: vectores, fuerza, trabajo y energía, torca y fluidos². Vázquez concluye que “el uso de los materiales didácticos que proporciona el CECTEC ayuda a que el aprendizaje sea más efectivo y a largo plazo”³.

El CECTEC es un área presencial que cuenta con 17 módulos tecnológicos de diferentes áreas del conocimiento e ilustran de forma apropiada los conceptos físicos, químicos, biológicos, mecánicos, etc. desde una perspectiva industrial o de aplicación real. Por medio de estos módulos, el CECTEC pretende eliminar las líneas divisorias marcadas entre áreas del conocimiento de ciencias, facilitando la integración entre ellas en un solo producto final.

¹ Laboratorio ubicado en el Tecnológico de Monterrey, Campus Estado de México, en la división preparatoria. Aulas 8 primer piso.

² Vázquez, Agustín. “Enseñanza de las ciencias a través de la tecnología de manufactura”

³ Ídem.

La educación ha sufrido muchos cambios, pues pasó de darle prioridad a la enseñanza y al profesor para acentuar el aprendizaje y el lograr que el estudiante aprenda, es decir, ahora lo importante es que el alumno realmente aprenda y con base en esto se subordinen todos los demás elementos del sistema. También ha cambiado el concepto de aprendizaje como tal, pasando de ser una adquisición, acumulación o reproducción de datos informativos a una construcción o reproducción personal de significados. Todo esto ha dado origen a la creación de dos pedagogías: la pedagogía de la reproducción y la pedagogía de la imaginación.

La pedagogía de reproducción tiene como bases la presentación y desarrollo de los conocimientos para ser posteriormente reproducidos. La pedagogía de imaginación tiene bases más bien en el uso de estrategias adecuadas para relacionar, combinar y transformar los conocimientos; es un nuevo modelo de verdad centrada en la búsqueda, indagación, curiosidad e imaginación, donde la verdad es dinámica para cada individuo.

Existen una serie de propuestas posibles para apoyar una pedagogía de la construcción e imaginación con fundamentos en el poder del Internet, que tiene como bases:

- **Rediseñar la educación.** Aprovechar las nuevas tecnologías para reestructurar, repensar o reinventar la educación; volviendo a plantearse desde las bases, y a la luz de dichas tecnologías, la definición de educar, cuál es el papel del profesor, el del alumno, el significado de los contenidos y sobre todo una nueva configuración del contexto escolar. En el rol del alumno implementar el aprendizaje diferenciado, personalizado o individualizado, que permite tener oportunidades excelentes de programación tecnológica; así como el uso de lenguaje emocional y el lenguaje de la educación en uno mismo. El profesor debe estar capacitado y ser capaz de implementar el uso de tecnología para el máximo aprovechamiento del alumno, y no solo limitarse a transmitir y evaluar conocimientos, sino ser capaz de diagnosticar, mejorar y recuperar dichos conocimientos en los estudiantes. Los contenidos deben ser actuales y por tanto en constante actualización, además de valerse de la tecnología instruccional, como son la estrategia MCD (más allá del conocimiento) como SCD (sin conocimiento dado). El contexto escolar debe ser basado y apoyado en mayor peso por la tecnología, buscando la socialización del conocimiento, es decir, incorporar a los miembros de la sociedad a descubrir y explorar conocimientos para desarrollar habilidades.

- **Convertir las nuevas tecnologías en un elemento estratégico** ligado completamente a ciertos objetivos institucionales bien definidos como son la calidad educativa o del aprendizaje y cuestionar cómo pueden esas tecnologías colaborar en la mejora de esa calidad.

- **Integración de las nuevas tecnologías en el aula** y con ello en la práctica educativa; es decir, poner a disposición de los estudiantes y profesores tecnología educativa que sería de ayuda inestimable para la construcción de alumnos y desarrollo de nuevas competencias, al crear en ellos la necesidad de generar nuevos procesos mentales al emplear esas nuevas tecnologías; en otras palabras, usar las nuevas tecnologías como motivación para despertar los

mecanismos atencionales en los alumnos, apoyar y lograr la construcción de conocimientos, personalizarlos mediante la creatividad y el pensamiento crítico y ser capaz de transferirlo y evaluarlos.

- **Emplear las nuevas tecnologías** dentro del nuevo marco pedagógico de la imaginación como un verdadero instrumento cognitivo que sea capaz de extender, ampliar y potencializar la inteligencia humana durante su proceso de aprendizaje, valiéndose de herramientas conjuntas como es Internet.

Desarrollo de tecnología mental

Desarrollo de tecnología mental; un paquete de habilidades estratégicas que constituyen la base del comportamiento inteligente de las personas, compuesta por cuatro piezas clave:

- **Pensamiento crítico:** capacidad de análisis y conocimiento de la realidad, posibilidad de planificar (ordenar lógicamente los pasos a seguir para resolver una tarea), seleccionar (separar lo relevante de lo irrelevante), organizar y elaborar (relacionar la información que se recibe con informaciones ya existentes en cada sujeto) la información disponible.
- **Pensamiento dialéctico:** pensamiento flexible, ponderado, alejado del dogmatismo, permite ver que los demás también tienen sus verdades y que las ideas pueden cambiar según los contextos.
- **Pensamiento pragmático:** establecer prioridades de acción o diseñar jerarquías de valores en función de criterios o puntos de vista personales sobre la importancia de la resolución de problemas.
- **Pensamiento conciliador:** busca siempre caminos de entendimiento entre las partes, busca conciliar nuestros deseos y los deseos de los demás, tratando de lograr que todos tengan la esperanza de obtener algún beneficio.

Tendencias en el Tec de Monterrey

El modelo educativo del Tec de Monterrey incluye el uso de tecnologías como parte del desarrollo de una cátedra para poder hacerla más enriquecedora; de hecho, la postura del Tec de Monterrey siempre ha sido a favor de estas tendencias.

De acuerdo con el Tec de Monterrey:

“El modelo educativo incluye un sinnúmero de procesos. Muchos de ellos no sólo se hacen más eficientes con el empleo de las tecnologías, sino que éstas permiten también ampliarlos y enriquecerlos. Los alumnos interactúan con su computadora de varias maneras, determinadas por la naturaleza de la tarea y el objetivo de aprendizaje. A continuación se describe el uso que los profesores hacen de las aplicaciones tecnológicas.”⁴

⁴ (Vicerrectoría Académica, Tec de Monterrey)

Existe una clara relación entre lo que está aconteciendo en el mundo y la visión del Tec en este ramo, es por esto que es importante investigar los efectos que la tecnología desarrollada en el interior del sistema puede generar para los alumnos.

Diseño de la investigación

Se presenta una investigación experimental sobre la implementación de herramientas tecnológicas de alto nivel y desempeño como el Apple iPhone® y iPod Touch® en el sector educativo como el producto del desarrollo de software que puede ejemplificar la teoría física del movimiento armónico simple y de la cantidad de movimiento. Se presenta una metodología diseñada para realizar los objetivos generales de la investigación y con esto, obtener un estudio detallado del impacto que puede tener este tipo de herramientas en el sector educativo, sin olvidar la posible integración de esta herramienta en otros sectores como: automotriz, industrial, etc.

Todo esto será probado por alumnos de nivel medio superior por medio de pruebas en campo (aula).

El método a seguir es cuantitativo, ya que toda la interfaz desarrollada (software) deberá ser probada en campo con algunos alumnos para cumplir con uno de los objetivos planteados en esta investigación. La valoración cuantitativa de estos aspectos deberá arrojar finalmente una valoración general del sistema funcional en campo con las pruebas con los alumnos.

El desarrollo de esta aplicación requerirá de pruebas en el aula y laboratorio, en donde se reproducirán situaciones para su estudio y control, la implementación del software en esta situación revelará la importancia del estudio del modelo matemático de un movimiento armónico simple y de la cantidad de movimiento, a su vez, de la recolección de datos será necesaria para evaluar y cuantificar el porcentaje de error que puede tener el instrumento de medición.

Diseño conceptual (M-iLab)

El diseño conceptual comienza con la teoría que va a ser ilustrada por la aplicación y por el dispositivo móvil. El diseño conceptual de la aplicación consistirá de dos partes para cada aplicación generada en el dispositivo móvil: el diseño de la interfaz gráfica y el diseño de la lógica interna del programa.

M-iLab / Movimiento armónico simple

La aplicación a diseñar para demostrar este concepto físico de forma experimental con el uso del dispositivo móvil, deberá ser capaz de analizar por lo menos una gráfica. La gráfica de análisis inicial será una gráfica generada por los acelerómetros que posee el dispositivo móvil.

El dispositivo deberá ser sometido a un evento que describa este movimiento, tal es el caso de: un movimiento pendular, un sistema masa-resorte vertical, un sistema masa-resorte horizontal o bien el simple movimiento pendular de la mano de una persona.

Este movimiento será registrado por el dispositivo para después ser analizado con el fin de obtener todos los datos teóricos que describirían el evento físico a través de la interfaz táctil que posee el dispositivo móvil haciendo que la interacción con el usuario (alumno) sea de la manera más natural posible.



Figura 1 Demostración de selección de eje Y (izquierda), selección del segmento de interés (centro) y rotación de la interfaz tras presionar el botón de analizar (derecha).

De esta forma, se ha acoplado el elemento físico con capacidades sensoriales de aceleración con un evento físico llevado a experimentación.

M-iLab / Cantidad de movimiento e Impacto

Para que el alumno pueda comprender el concepto de cantidad de movimiento e impacto deberá poseer una aplicación que le muestre el comportamiento de la aceleración a través del tiempo, de esta forma, podrá darse cuenta cómo un objeto que se mueve a una cierta velocidad constante o que permanece en reposo, puede recibir una fuerza que produzca una cierta aceleración en él. A la presencia de ésta fuerza desequilibrante durante un cierto tiempo, se le llama: impulso.

Para poder ilustrar este concepto físico la aplicación deberá ser capaz de registrar los cambios de aceleración que presenta el dispositivo mismo y graficarlos.

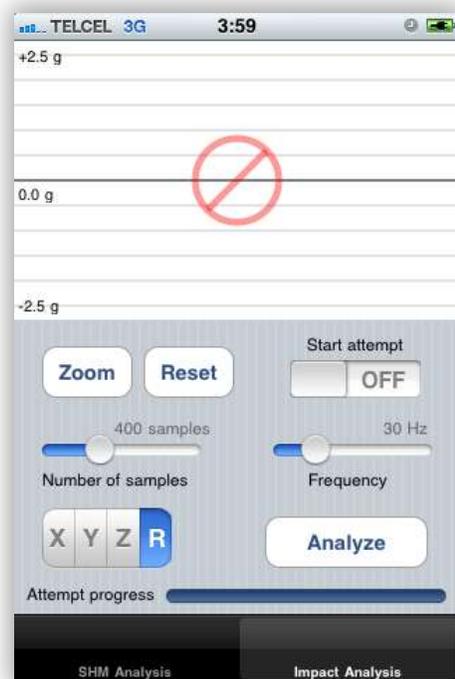


Figura 2 Interfaz final para el análisis de cantidad de movimiento e impacto sin gráfica

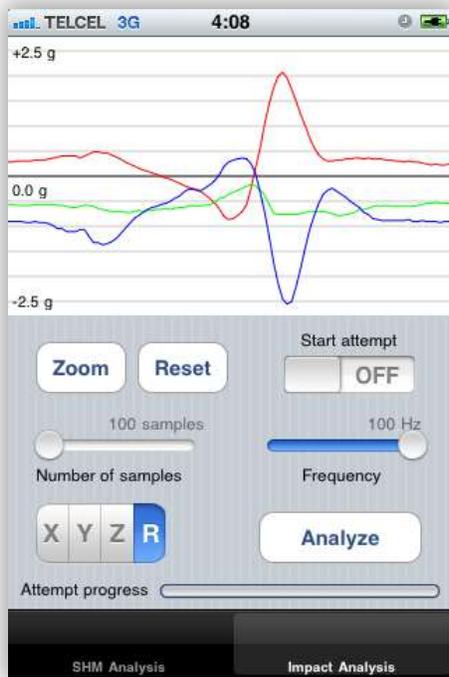


Figura 3 Interfaz de cantidad de movimiento e impacto mostrando datos de una prueba.

Para poder optimizar los resultados de las pruebas, fue necesario utilizar todos los recursos disponibles del dispositivo móvil con el fin de poder capturar toda la información necesaria con un tiempo de muestreo aceptable.

Para esta tarea se sacrificó el despliegue de la gráfica en tiempo real, se agregaron algunos elementos de control para el muestreo como la frecuencia de muestreo y la cantidad de muestras a tomar. De esta forma, se limita el uso del equipo a la captura de datos importantes para su posterior análisis.

Validación de M-iLab: implementación en el aula y laboratorio

Una vez conocidos los datos que se plantean recolectar se diseñó la práctica de laboratorio para que se puedan obtener los datos necesarios para realizar la prueba de hipótesis.

En primera instancia, la aplicación diseñada para el movimiento armónico simple será probada con un evento físico que lo describa como: un péndulo, un sistema masa resorte horizontal, un sistema masa resorte vertical, un movimiento rotacional, entre otros. De entre todos los posibles eventos que describe un comportamiento correspondiente con un movimiento armónico simple se escogió el movimiento pendular y un sistema masa-resorte vertical.

Movimiento Armónico Simple – Experiencia 1, péndulo

La práctica diseñada para analizar el movimiento armónico simple descrito por un movimiento pendular consiste en colocar el iPhone en una funda modificada, de tal forma que el dispositivo móvil pueda colgar libremente únicamente de una cuerda. A su vez, la cuerda se asegurará a unas pinzas de tres dedos colocadas por medio de una nuez en un soporte universal. Ésta combinación de elementos físicos permite al dispositivo móvil desplazarse libremente de forma pendular.

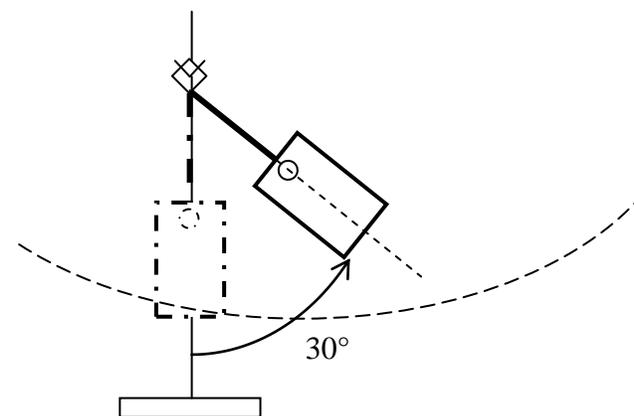


Figura 4 Desplazamiento del iPhone en 30° (vista frontal)

El estudio de estos resultados realizado completamente por el alumno podrá hacerlo entender de una mejor forma el movimiento armónico simple. De hecho, como la gráfica se hace inmediatamente conforme el iPhone se va desplazando, se ilustra perfectamente el comportamiento del movimiento.

Movimiento Armónico Simple – Experiencia 2, sistema masa-resorte

Para definir completamente la experiencia (sistema masa-resorte) es necesario establecer las condiciones iniciales del MAS. Esto se logra rompiendo el equilibrio que existe entre el resorte y el peso del iPhone. Se estira el resorte junto con el iPhone para que el sistema comience a oscilar.

Las oscilaciones producidas por el sistema masa-resorte son el ejemplo perfecto para MAS. Las gráficas nuevamente se generan automáticamente con M-iLab.

Cantidad de movimiento e Impacto – Experiencia 1

En esta experiencia el alumno debería comprender el comportamiento de la aceleración a través del tiempo provocada por la aplicación de una fuerza constante. A su vez, el alumno podría obtener datos importantes desde el análisis de la gráfica generada por el dispositivo tales como: la velocidad instantánea del vehículo en un cierto instante de tiempo, velocidad final, tiempo de establecimiento, fuerza de fricción, fuerza total aplicada, etc.

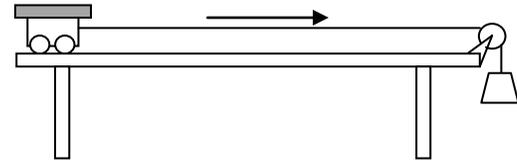


Figura 6 Arreglo para la experiencia 1 de cantidad de movimiento, movimiento generado por una fuerza constante

El software diseñado es tan flexible, que se pueden hacer una serie de modificaciones a este arreglo para comprobar otros conceptos por medio del análisis de aceleración.

Cantidad de movimiento – Experiencia 2, ley de conservación de la energía e impacto

Para esta experiencia es posible sólo usar un iPhone; en este caso, el iPhone debe colocarse en cualquiera de los dos vehículos. Uno de los vehículos es lanzado hacia el otro para provocar una colisión. En la colisión el iPhone registrará la aceleración máxima y su crecimiento durante el impacto. La razón por la que se agrega un resorte es para que el tiempo de contacto entre ambos objetos sea el más alto posible; de esta forma, el iPhone podrá capturar con mayor precisión la aceleración generada durante el impacto y su comportamiento a través del tiempo con respecto al tiempo de contacto entre vehículos.

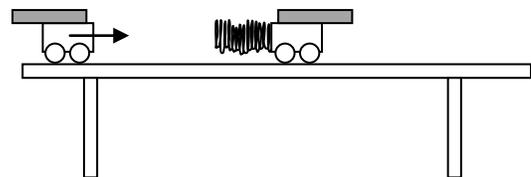


Figura 7 Arreglo para la experiencia 2 de cantidad de movimiento, impulso y ley de conservación de la energía

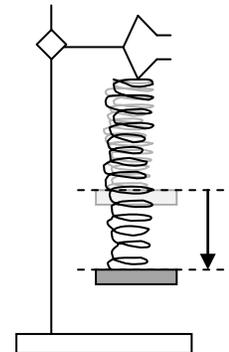


Figura 5 Desplazamiento de una altura h deseada para comenzar el movimiento de oscilación

Resultados y discusión

La interfaz diseñada y trabajando se implementó en 2 grupos diferentes de alumnos, el primer grupo NO utilizó la herramienta diseñada para tomar los temas especificados, mientras que el segundo utiliza la herramienta para la asimilación del conocimiento.

Para poder medir el aprovechamiento se les aplica una prueba de 11 preguntas a ambos grupos, el instrumento de prueba se diseñó para verificar el grado de conocimientos a corto y largo plazo, así como la entera asimilación del concepto aprendido en una aplicación diferente a la expuesta en clase.

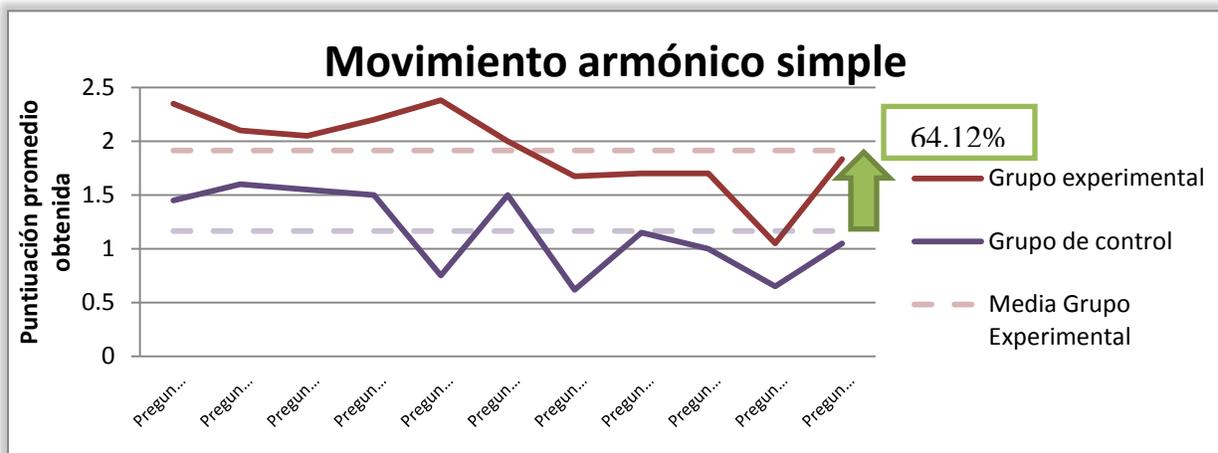


Figura 8 Comparación por tema (MAS) entre grupo experimental y grupo de control

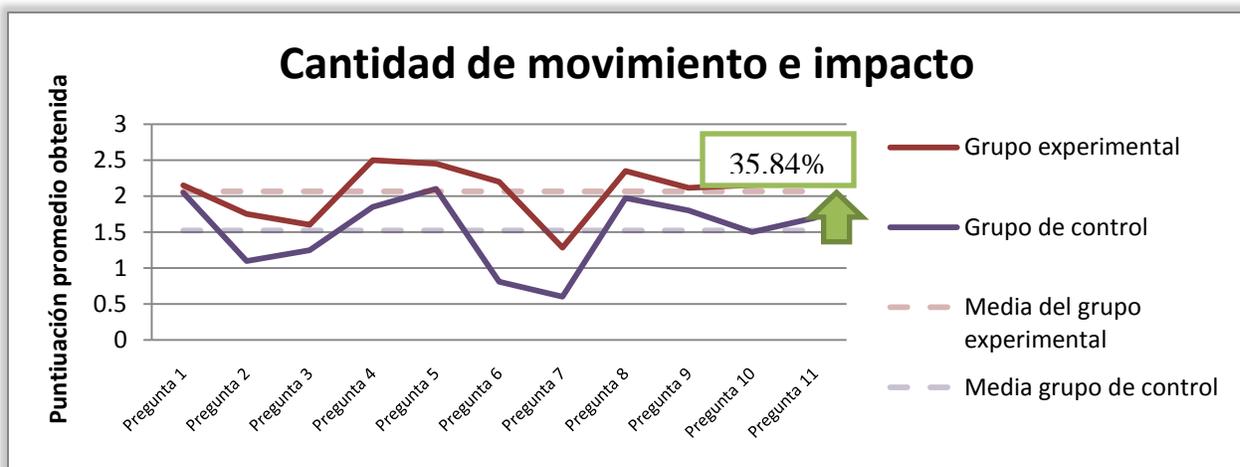


Figura 9 Comparación por tema (Cantidad de movimiento e impacto) entre grupo experimental y grupo de control

Los resultados arrojaron que de una evaluación en conocimientos de los alumnos de 0 a 3 puntos, en promedio para el tema de Movimiento Armónico Simple, la media de resultados se desplazó 64.12% del grupo de control al grupo experimental. Esto es, la media se movió de 1.165 a 1.912. En cambio para el tema de cantidad de movimiento e impacto la media se desplazó 35.84%, es decir, que la media se movió de 1.5215 a 2.066. Estas comparaciones y porcentajes son respaldados por comparaciones de

medias con dispersiones con un nivel de confianza del 99% y en ambos casos las medias son diferentes significativamente.

Con respecto al objetivo de M-iLab, el uso de esta herramienta en el área educativa para los alumnos del Tec de Monterrey, representa un cambio significativo en el nivel de aprendizaje, asimilación de conocimiento y aplicación del mismo. Adicionalmente por medio de la comparación de las gráficas y de las preguntas, se encontró que se estimuló la asimilación de conceptos a largo plazo por medio de M-iLab. Tal como lo había concluido Vázquez al analizar los resultados en el uso de CECTEC (Vázquez, 2008).

Las limitaciones de la investigación son evidentemente la disponibilidad de los dispositivos en los grupos de estudio, teniendo en cuenta que son dispositivos relativamente costosos; sin embargo, para el Tec de Monterrey esto no es significativo ya que en una encuesta rápida realizada en



Figura 10 Alumnos analizando un sistema masa-resorte con ayuda de un iPod Touch



Figura 11 Alumnos realizando la experiencia 2 correspondiente con cantidad de movimiento e impacto

el Campus Estado de México, se obtuvo que 1 de cada 3 alumnos cuenta con alguno de estos dispositivos. La ventaja que puede otorgar esta herramienta podría no tener un límite, ya que la creatividad y habilidad del profesor dependerá mucho de cómo se asimile el conocimiento. No hay que olvidar que la tecnología es un apoyo al docente y adicionalmente, el uso de esta tecnología si fuera implementada con algún otro dispositivo sería mucho más costoso que la implementación con iPhone.

Propuestas de mejora y una visión al futuro

Usos no previstos: Durante esta investigación se encontraron diversos escenarios en los que es posible usar el mismo software para comprobar conceptos físicos para los que no fue diseñado M-iLab, en este caso habla de la flexibilidad del software diseñado y su capacidad de aplicación. Se encontró que es posible usarlo en los siguientes temas de estudio:

- Comprobación de aceleración y velocidad constante

- Efectos de la primera, segunda y tercera ley de Newton
- Aplicaciones a la máquina de Atwood
- Movimiento circular y su estudio
- Desfasamiento de señales
- Estudios de vibraciones, entre otras.

Ampliación del software: La ampliación de M-iLab permitiría comprobar otros temas; de hecho, la capacidad que este tipo de aplicaciones para la enseñanza de las ciencias a través de la tecnología permitiría ampliar la visión del alumno así como la del profesor.

Plataforma educativa ampliada: Una visión podría ser la creación de una plataforma educativa en la que la práctica sea realizada por completo en el dispositivo móvil para después enviarla directamente al profesor por medio de un web-service.

Referencias

Apple Inc. (2009, octubre). iPhone OS Accessories. Disponible en: <http://developer.apple.com/iphone/program/accessories/>

Encyclopaedia Britannica Online. (2010). Computer. Recuperado el 4 de Abril de 2010, de Encyclopaedia Britannica Online: <http://0-search.eb.com.millennium.itesm.mx/eb/article-216069>

INEGI. (2006). Estadística Básica del Sistema Educativo Nacional. SEP. México: Subsecretaría de Planeación y Coordinación.

Krome, T., & Erdol, N. (2008). An Exploration of Sampling Phenomena Using The iPhone. Florida Atlantic University.

México ocupa el lugar 27 en lectura, matemáticas y ciencias, según estudio de la OCDE. (2004, diciembre 6). La Crónica de Hoy, pág. 2.

OCDE. (2006). Lo nuevo en la OCDE. Recuperado el Noviembre de 2010, de OCDE.

Secretaría de Educación de Tabasco. (2007). Resultados de la aplicación de las pruebas del programa para la evaluación internacional de estudiantes (PISA) 2006. Tabasco, México.

Vázquez, A. (2008). Enseñanza de las ciencias a través de la tecnología de manufactura. Tesis no publicada, Tec de Monterrey - Estado de México.

Vicerrectoría Académica, Tec de Monterrey. (2010). MET. Recuperado el 23 de octubre de 2010, de Capítulo 5: La informática y las telecomunicaciones como apoyo al modelo educativo: http://www.sistema.itesm.mx/va/dide/modelo/content_esp.htm

Ji-Sun Kim, Denis Gračcanin, Krešimir Matković, Francis Quek, iPhone/iPod Touch as Input Devices for Navigation in Immersive Virtual Environments. IEEE Transactions on Industrial Electronics. USA.