

Propuesta de un curso de Métodos numéricos utilizando m-learning para proponer su evolución al aprendizaje basado en investigación

Francisco Javier Delgado Cepeda
Departamento de Física y Matemáticas, Campus Estado de México
Tecnológico de Monterrey
fdelgado@itesm.mx

Resumen

La educación está cambiando más profundamente que nunca con la mejora constante de las tecnologías de la información y la comunicación. Particularmente, los últimos cinco años han generado una rápida inclusión de las tecnologías móviles en la educación en todos los niveles educativos. Este trabajo presenta una visión moderna de un curso Métodos numéricos para ingeniería que integra aplicaciones móviles bajo una estrategia de enseñanza híbrida. Hoy en día, combina la clase y las actividades en línea para reforzar y desarrollar los conocimientos básicos propuestos en los planes de estudio. Cinco años de seguimiento se analizan para evaluar su funcionalidad. Los resultados sugieren que el diseño móvil del curso puede introducir nuevas mejoras en los objetivos del curso a través de la inclusión de una componente de aprendizaje basado en investigación. El enfoque propuesto permitiría un esquema flexible de instrucción basado en aprendizaje móvil, pero introduciendo una nueva versión conductora basada en el aprendizaje orientado a proyectos.

Palabras clave: aprendizaje móvil; aprendizaje híbrido; matemáticas; evaluación

1. Introducción

Las nuevas generaciones tienen expectativas de aprender mediante la tecnología, percibiéndola accesible, motivante, personalizada y económica, y no de baja calidad. La tecnología móvil es la opción para estar conectado con la información al ser el principal medio de acceso al Internet (Johnson et al., 2011). Su innegable corto plazo de adopción, incluye a la educación (Delgado y Martínez, 2011) donde alcanza a sus destinatarios adaptándose a sus estilos de aprendizaje (Internet World Stats, 2014) mediante gran número de aplicaciones y herramientas innovadoras. Aún para la facultad universitaria, la percepción sobre su utilidad está cambiando rápida y radicalmente.

El objetivo de este trabajo es reportar el avance de la tecnología móvil en un curso Métodos numéricos sugiriendo un esquema de instrucción flexible y brindando alternativas para la adquisición de habilidades profesionales. La sección 2 describe la estrategia móvil en el curso. La sección 3 analiza la eficiencia de la evaluación en línea para predecir el desarrollo de habilidades básicas. La sección 4 describe el diseño del curso en línea de tamaño controlado basado en investigación

(SPOR, por sus siglas en inglés) como guía conductora del curso. La sección 5 incluye las conclusiones y el trabajo futuro.

1.1 Planteamiento del problema

Los cursos de Métodos numéricos son obligatorios para todos los programas de ingeniería. El uso creciente de sistemas informáticos y su disponibilidad en las universidades, ha cambiado su metodología de enseñanza tradicional. El curso presentado aquí ha transitado de un curso de análisis numérico hacia uno de simulación computacional en diez años y en los últimos cinco ha adoptado un formato móvil para lograr un aprendizaje más efectivo (Delgado, 2013).

La Figura 1 muestra la evolución del curso hacia aprendizaje híbrido en términos de tecnología, espacios y gestión educativa. Todos ellos fueron desplegados para establecer un cronograma de actividades en línea, su entrega y retroalimentación, así como exámenes en línea que comenzaron a sustituir a las evaluaciones presenciales. Aunque estas actividades fueron principalmente introducidas para brindar soporte en aspectos débiles del aprendizaje, crecieron para integrarse a un sitio móvil oficial (Figura 2). Algunas de ellas, como la evaluación, han remplazado sus versiones presenciales con buen rendimiento (Delgado, 2013). Se debe evaluar el impacto de las actividades en línea para determinar si constituyen una sólida sustitución de los elementos tradicionales en el proceso de aprendizaje.

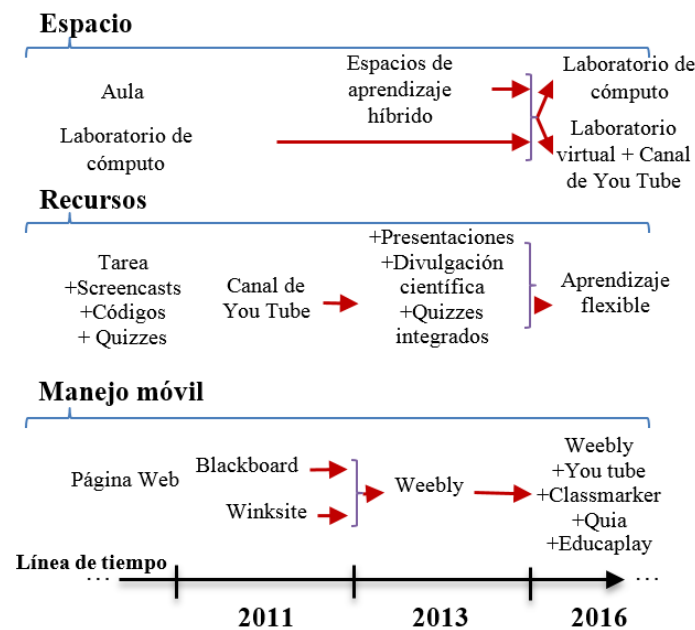


Figura 1. Cinco años de implementaciones de aprendizaje móvil en el curso de Métodos numéricos (Delgado, 2016).

1.2 Objetivo de la investigación

Los escenarios de PBL y POL promovieron la integración del plan de estudios hacia una práctica de competencias en ingeniería (ETA, 2015). Pero esto tuvo un conflicto de tiempo en el curso en relación a la cobertura de los contenidos. La revolución móvil comenzó a ofrecer recursos para hacer frente a tal conflicto (Delgado y Martínez, 2015). Hoy el curso prácticamente es cubierto por materiales

móviles y una evaluación sobre su efectividad es necesaria. Esto podría delegar la cobertura de los métodos numéricos hacia la instrucción en línea y liberaría tiempo presencial para incluir problemas integrados de mayor complejidad, siendo el centro del presente trabajo.

Cuando las actividades en línea ganaron terreno, surgió la pregunta: ¿podrían los materiales híbridos reemplazar al menos parte de la instrucción presencial? Hay suficientes materiales estructurados como: repositorios, vídeos de clase, códigos de programación, lecciones de clases teóricas y evaluación en línea continua. Pero, ¿cuál es el interés de sustituir la instrucción presencial con una instrucción móvil?

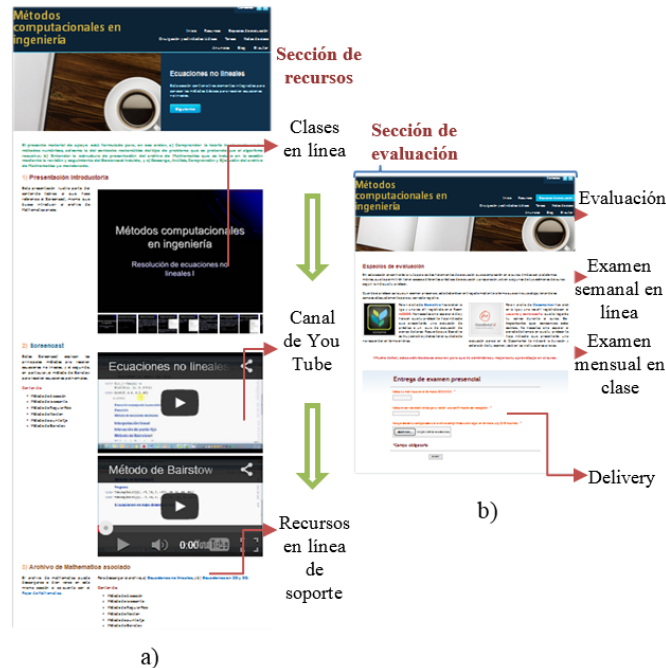


Figura 2: Sitio de Métodos numéricos. Secciones de: a) Recursos, y b) Evaluación (Delgado, 2016).

2. Desarrollo

En el curso de Métodos numéricos, la aplicación de conocimientos hacia problemas abiertos de desafío es una tarea más valiosa que solamente entender los conceptos básicos, pero normalmente lo primero se alcanza después de haber cubierto el segundo aspecto. También es cierto que no todos los métodos numéricos del curso son relevantes en todas las disciplinas y la práctica profesional involucra *software* especializado haciendo cuestionable la cobertura estricta del programa de estudios. La pregunta principal de investigación en este trabajo es si los elementos móviles actuales muestran efectividad en la tarea de enseñanza de conocimientos básicos en el curso para desplazar las sesiones presenciales hacia el desarrollo de solución de problemas aplicados.

El aprendizaje móvil requiere un profundo análisis de los elementos incluidos y de la evaluación llevada ahí. En este momento no hay suficientes criterios y análisis específicos en el sitio móvil para poder evaluar este aspecto, pero hay información cuantitativa sobre la evaluación en línea para tener una valoración introspectiva de estos recursos, apoyada también por el análisis del uso histórico del sitio móvil. Los objetivos de la investigación han sido establecidos como: a) comparar la efectividad de la evaluación en línea contra la evaluación presencial, y b) analizar los datos de uso respecto a la percepción de valor asignada por los alumnos. En los últimos dos años del período considerado las

evaluaciones en línea parciales han sustituido a la evaluación dentro del aula, aunque existe una evaluación final en clase. Este aspecto está relacionado con el primer objetivo de investigación.

2.1 Marco teórico

Los requisitos para la enseñanza de la ingeniería se basan en el avance tecnológico, requiriendo una adaptación continua. El curso Métodos numéricos presentado aquí ha evolucionado de esta forma. Hace 10 años contenía limitado uso de Fortran o C++ como lenguaje de programación, tiempo limitado de práctica en el laboratorio y rara vez eran incluidos problemas aplicados. La utilización de Mathematica (Wolfram Research, 2016a) o Python (Phyton, 2016) para la programación y la visualización; de Blackboard (Blackboard, 2016) para incluir materiales en línea y actividades digitales fueron una constante desde hace años. Esto impulsó el aprendizaje basado en problemas (PBL) y el aprendizaje orientado proyectos (POL) (Delgado, 2008; 2014) como estrategias, reduciendo la brecha académica y profesional (Delgado y Martínez, 2011). Esta era la etapa del curso en 2008 antes del aprendizaje móvil e híbrido cuando se preparó un libro electrónico para el curso.

Durante 2011, el autor participó en un esfuerzo institucional para implementar tecnologías móviles en educación superior (Delgado, 2014). Entonces, tecnologías como Winksite (Winksite, 2016), Weebly (Weebly, 2016), GoogleDrive (Google, 2016), Socrative (Socrative, 2016), Wolfram Alpha (Wolfram Research, 2016b) y Classmarker (Classmarker, 2016) fueron introducidas. Un canal de YouTube abierto incluye ahora *screencasts* para cada tema del curso, códigos de programación y clases en línea. Hoy en día, el desarrollo de Mathematica en línea (implementado en la versión 10.0), ha permitido una transición completa hacia la gestión móvil, con lo que el objetivo final que comenzó a prepararse hace algunos años se ha alcanzado.

2.2 Diseño metodológico

En el análisis se consideran los dos últimos años de desarrollo del curso (2014-2015). La metodología es la siguiente: Para cada estudiante se considera la relación I/T entre promedio de trabajo en línea individual y trabajo en línea en equipo, agrupando a los alumnos en tres grupos en función de su calificación total final (escala de 100 puntos): menos de 70, los estudiantes que reprueban el curso en negro; entre 75 y 85, los estudiantes de aprovechamiento intermedio en rojo; y, más de 85, los estudiantes de alto rendimiento en verde.

2.3 Resultados

La Figura 3 presenta los resultados incluyendo tres formas elípticas mostrando la media y la desviación estándar de cada parámetro sobre los ejes para cada grupo en color correspondiente. La línea punteada horizontal marca el límite institucional de aprobación de la evaluación. Los estudiantes con buen rendimiento exhiben una profunda coherencia entre el trabajo individual en línea y el trabajo correspondiente en equipo, así como una clara consistencia en las evaluaciones en línea y la calificación final.

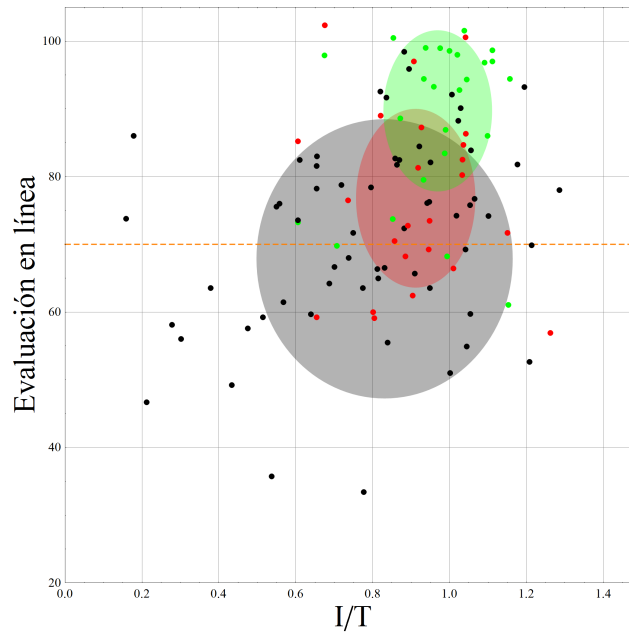


Figura 3. Análisis de efectividad de las evaluaciones en línea (Delgado, 2016).

Para los alumnos reprobados, las evaluaciones tienen dispersión más amplia y la promoción se puede predecir apenas con la evaluación en línea, sugiriendo mantener el examen final como aspecto discriminatorio.

La tecnología móvil dentro del curso fue empleada primeramente para resolver debilidades en el aprendizaje. Los repositorios (simulaciones, códigos de programación, proyectos y problemas aplicados) se construyeron para seguir las sesiones presenciales y el contenido del libro electrónico. Los *screencast* en el canal de YouTube se integran como una metodología en tres etapas: a) notas en línea mediante clase con diapositivas, b) *screencasts* sintético, y c) códigos básicos descargables en Mathematica. Éstos fueron utilizados para reemplazar ocasionalmente la instrucción presencial mediante un mínimo de tutoría del profesor. Posteriormente los *screencasts* cubrieron la totalidad del curso en su componente de programación. La segunda pregunta de investigación se aborda con el análisis de acceso a los recursos en cada sección del sitio por los estudiantes formales e informales, revelando la demanda respectiva.

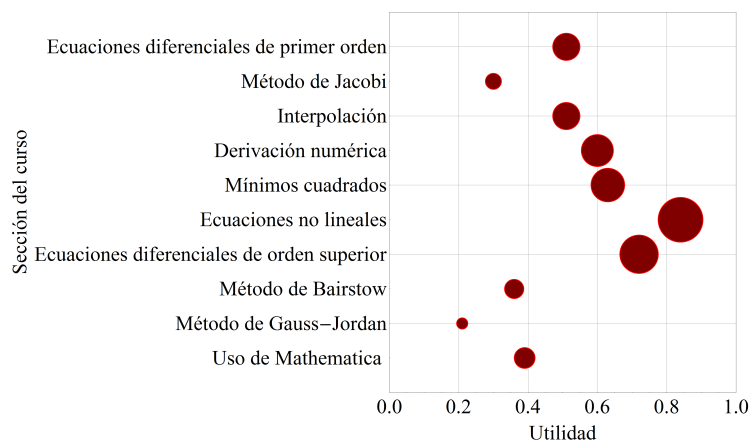


Figura 4. Índice de utilidad (porcentaje de visualización) contra la demanda agrupada de *screencasts* (Delgado, 2016).

La metodología para esta pregunta fue dividida en dos partes. La primera está representada en la Figura 4, donde la fracción media de visualización (parte consultada del *screencast*) para los accesos se representa en el eje horizontal como medida de utilidad (1 es la mejor utilidad y 0 la peor). El radio representa el porcentaje relativo de todos los accesos a los *screencast* de cada tema. Así, el *screencast* de ecuaciones no lineales resulta muy útil y es recurrido por un gran número de estudiantes, aunque el *screencast* del método de Jacobi es muy visitado, parece poco útil pues sólo una pequeña parte es visto. La segunda parte se basa en el uso de las diferentes secciones del sitio como soporte al aprendizaje híbrido para ambos grupos de estudiantes (Tabla 1) durante 2014 donde se reportan los porcentajes respecto a su propio grupo, reflejando su valor proporcional: la sección de Recursos es la más solicitada para los alumnos formales y las de Recursos y Notas de clase para los informales).

Esto sugiere que los recursos y evaluaciones en línea pueden sustituir a la evaluación presencial preponderantemente, abriendo un horizonte de flexibilidad basado en la sustitución selectiva de las sesiones presenciales. Las estadísticas sugieren la importancia dada por los estudiantes a estos recursos, pero un más profundo análisis es necesario. La comparación entre las dos comunidades de alumnos (formales e informales) mide como los recursos son valiosos.

Tabla 1. Estadísticas de acceso para estudiantes formales e informales respecto a su grupo (Delgado, 2016).

Sección	Analíticas porcentuales de acceso al sitio (2014)	
	Estudiantes formales	Estudiantes informales
Recursos	51%	53%
Evaluación	13%	1%
Tarea	18%	2%
Notas de clase	9%	37%
Anuncios	6%	0%
Blog	3%	4%

2.4 Discusión (Análisis e interpretación de resultados)

Estos resultados dan cierto soporte para delegar en los recursos del sitio el aprendizaje básico (cuidando la efectividad del aprendizaje híbrido) y emplear el espacio presencial para el aprendizaje orientado a proyectos de investigación como la principal directriz dentro del curso. El soporte móvil puede funcionar como base del aprendizaje subyacente si se cumplen las condiciones: a) presencia de espacios para discutir la adquisición de conocimientos básicos, b) inclusión de una evaluación que contenga el desarrollo de habilidades, y c) la presencia de flexibilidad en las evaluaciones de conocimientos básicos como parte de la agenda del curso.

Este enfoque híbrido libera tiempo de clase para introducir la resolución de problemas basados en la investigación y se ha denominado curso en línea de tamaño reducido basado en investigación (SPOR), debido a que el contenido principal está cubierto por una serie de problemas de

investigación analizados en las sesiones presenciales mientras que la adquisición de conocimientos se realiza totalmente en línea. La implementación se realiza en un grupo de tamaño controlado y garantizando una evaluación personalizada de los mismos. Al momento de redactar este informe, un despliegue semestral del enfoque está ya funcionando, donde la evaluación reiterativa de conocimientos básicos se aplica junto con una evaluación más especializada para la red de proyectos de investigación. El uso de *screencasts* tema por tema y la evaluación en línea de los contenidos básicos se aplica hasta en tres ocasiones para cada unidad del curso, permitiendo mejorar los resultados individuales. La mayoría de las sesiones presenciales está orientada a presentar, desarrollar y trabajar sobre los problemas de investigación.

Conclusiones

En la actualidad, el curso de métodos numéricos está siendo desarrollado y mejorado al discutir y compartir las iniciativas con los colegas de la facultad (que ya han adoptado el uso de laboratorio de computación y desarrollo de recursos móvil de similares). Igualmente se comparte la percepción de abordar el aprendizaje básico de contenidos mediante el enfoque híbrido y destinar las sesiones presenciales al desarrollo de problemas de investigación. El análisis ha demostrado que se puede trabajar en esta orientación en línea dentro de un esquema controlado, sugiriendo la introducción de analíticas más específicas para evaluar su desempeño en el proceso de aprendizaje. Este cambio libera las sesiones presenciales, introduciendo el enfoque SPOR, una versión más especializada del curso, alineada con las iniciativas STEM (Gonzalez and Kuenzi, 2012). El trabajo futuro en esta última dirección debe preparar una estrategia híbrida más robusta y vinculada con una red de problemas de investigación en paralelo que cubran los diferentes intereses de los estudiantes de ingeniería. Para la facultad es una oportunidad para mejorar el impacto del aprendizaje hacia estándares profesionales. En esta tendencia, se muestra una aproximación a la educación apoyada por la tecnología que se requiere en el mundo.

Reconocimientos

El autor agradece a la iniciativa NOVUS del Tecnológico de Monterrey para innovaciones en la educación el apoyo brindado para llevar a cabo este trabajo de investigación.

Referencias

- Blackboard. (2016). Blackboard site. Disponible en: <http://www.blackboard.com> 2016.01.01
- Classmarker. (2016). Classmarker Webpage. Disponible en: <http://www.classmarker.com> 2016.01.01
- Delgado, F. (2005). Problem Based-Learning in Sophomore and Freshmen Engineering Students: A Six Year Follow-Up. *4th Conference of European Research in Mathematics Education electronic proceedings*. Barcelona: CRM.
- Delgado, F. (2008). Designing PBL scenarios for a course with integrated curriculum, teamwork environment and use of technology. *10th International Conference of Mathematical Education electronic proceedings*. Monterrey: UANL.

- Delgado, F. and Martínez, S. (2011). Cambios curriculares generados por el uso de tecnología en el curso de métodos numéricos. *Memorias de la XXXVIII Conferencia Nacional de ANFEI*. Querétaro: ANFEI.
- Delgado, F. (2013). A numerical methods course based on b-learning: integrated learning design and follow up. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 5 (1).
- Delgado, F. (2014). Actualización docente en tecnologías educativas y aprendizaje móvil: un programa de desarrollo institucional. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 7 (4), pp. 211-226.
- Delgado, F. (2016). Follow-Up of a Numerical Methods Course Using m-learning to Propose the Evolution to Research Based Learning. *Proceedings eLmL 2016*.
- ETA. (2015). *Engineering competences model, Employment and Training Administration of United States*. Washington, Department of Labor.
- Gonzalez, H. and Kuenzi, J. (2012). Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: A Primer. Congressional Research Service Report. Available from: <http://fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf> 2016.01.01.
- Google. (2016). Google drive site. Disponible en: <https://www.google.com/drive/> 2016.01.01
- Internet World Stats, (2014). Usage and Population Statistics, Internet World Stats. Available from: <http://www.internetworldstats.com/stats.htm> 2016.01.01
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H. Levine, A. and Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin: The New Media Consortium.
- Python. (2016). Python site. Disponible en: <http://www.python.org> 2016.01.01
- Socrative. (2016). Socrative site. Disponible en: <http://www.socrative.com> 2016.01.01
- Winksite. (2016). Winksite site. Disponible en: <http://winksite.com> 2016.01.01
- Weebly. (2016). Weebly Webpage. Disponible en: <http://www.weebly.com> 2016.01.01
- Wolfram Research. (2016). Mathematica site. Disponible en: <http://www.wolfram.com/mathematica> 2016.01.01
- Wolfram Research. (2016). Wolfram Alpha site. Disponible en: <http://m.wolframalpha.com> 2016.01.01