

LA PRÁCTICA DE LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR USANDO TECNOLOGÍAS DIGITALES

VERÓNICA HOYOS AGUILAR
Universidad Pedagógica Nacional

RESUMEN: Se presenta un trabajo que contribuye a la investigación sobre el aprendizaje de los maestros en cuanto a la incorporación de las tecnologías digitales en su práctica docente. Se utilizó un diseño relativamente nuevo para la elaboración de un curso en línea (OLC) que permitió a los profesores en servicio de matemáticas del bachillerato que participaron en el mismo, aprender a usar herramientas digitales y a hacer matemáticas usando esta tecnología. El diseño del curso y el marco teórico de análisis (Zbieck & Hollebrands, 2008) están relacionados con la introducción de innovación en la escuela. Los datos principales se obtuvieron de videos de los profesores que participaron en el curso, los cuales

fueron tomados durante sus prácticas en el salón de clase. Los videos de las prácticas de enseñanza revelaron cinco formas distintas de concretar el uso de la tecnología matemática en los salones de clase, y su análisis evidencia la necesidad de avanzar en la concreción de otros tipos de apoyo y recursos que permitan disminuir la brecha digital que existe en nuestro sistema educativo en relación con las formas y usos de la tecnología por parte de los docentes y la potencialidad de los jóvenes en el uso de tales herramientas digitales.

PALABRAS CLAVE: Tecnologías Digitales en el Aula, Desarrollo Profesional de Maestros en Servicio, Brecha Digital en el Ámbito Educativo.

Introducción

Según Cobo (2009), la educación es una de las disciplinas que más se han beneficiado con la irrupción de las nuevas tecnologías, especialmente a partir de la irrupción de la Web 2.0, pues esto ha permitido el acceso a cantidad de software libre y la posibilidad de potenciar competencias y habilidades sociales, como la inter-creatividad y el aprendizaje colaborativo.

Cobo (2009) también plantea que el advenimiento de las nuevas tecnologías genera la posibilidad de nuevas habilidades y destrezas de los estudiantes. Lo que a su vez genera grandes retos para el profesorado, de actualización en el uso de los nuevos recursos digi-

tales y de aprender cómo integrar estas herramientas tecnológicas en su práctica docente.

En este contexto, esta investigación se planteó reconsiderar tres preguntas:

¿Cuál ha sido en realidad la influencia de las tecnologías digitales en la escuela, específicamente en el aprendizaje de las matemáticas?

¿Qué piensan los maestros del uso de las tecnologías digitales en las clases de matemáticas?

¿Cómo concretan los maestros de matemáticas, en sus prácticas escolares, el uso de las tecnologías digitales?

Este trabajo contribuye a responder la tercera pregunta, partiendo de trabajos previos realizados principalmente por Zbieck y Hollebrands (2008), Ruthven (2007; 2002), y Ruthven y Hennessy (2002).

Aquí se llevó a cabo un estudio exploratorio sobre las maneras de concretar el uso de herramientas digitales en la clase de matemáticas, por 15 profesores en servicio, quienes atendían a estudiantes del bachillerato. Por otro lado, en relación con las dos primeras preguntas planteadas en los puntos (1) y (2), solamente se mencionarán algunos de los resultados que más aportan a la presente investigación.

Influencia de la tecnología en el aprendizaje de las matemáticas

Según Olive *et al.* (2009) a fines de los 80's y a lo largo de los 90's hubo un gran optimismo en cuanto al potencial de las nuevas tecnologías para transformar las formas en que se aprendían y enseñaban las matemáticas (Howson & Kahane, 1986, citado por Olive *et al.*, en la obra mencionada).

Sin embargo, en opinión de algunos de los diseñadores de software revolucionarios (como S. Papert, el creador del software LOGO), y en contraposición a sus más caras ambiciones en cuanto al uso de lo que ellos crearon, "las computadoras tan sólo han sido usadas para transferir el currículum tradicional de los impresos a la pantalla de la computadora" (Kaput, 1992). Incluso sucede que, "los profesores más entendidos y que trabajan ahora en escuelas convencionales, comprenden que lo que están haciendo [con la tecnología] no es lo que desearían hacer" (Papert, 1997, citado por Ruthven, 2007).

Concepciones de los profesores acerca del uso de tecnología

En su trabajo del 2002, K. Ruthven y S. Hennessy investigaron acerca de las ideas de los profesores sobre lo que constituye una experiencia exitosa de uso de herramientas y recursos computacionales en el salón de clase.

Estos autores realizaron un gran número de entrevistas grupales a profesores en Inglaterra, las cuales se llevaron a cabo en los departamentos de matemáticas de varias escuelas preparatorias (tramo 15 a 18 años de edad) en distintas localidades de esa región. A través de análisis cuantitativos y cualitativos, Ruthven y Hennessy (2002) identificaron temas centrales y relaciones primarias entre ellos.

Con relación al uso de la tecnología, estos autores reportaron que los maestros indicaron que ésta puede servir para: i) *Mejorar el ambiente*; ii) *Asistir en los intentos de los estudiantes*; iii) *Facilitar la rutina*; iv) *Acentuar elementos clave* de los temas en estudio. Asimismo, para: v) *Intensificación del compromiso* de los estudiantes en las tareas; vi) *Producción de la actividad*; vii) *Establecimiento de ideas*; viii) *Aumento de motivación*; ix) *Disminución de restricciones*; y x) *Aumento de atención*. Sin embargo, en otro artículo de su autoría, Ruthven (2007) señala que los diez constructos recién mencionados representan sólo un estado de hechos deseable, al que los maestros aspiran y pensando en que el uso de la tecnología contribuiría a ello.

Finalmente, Ruthven (Idem) también avanza que para lograr alcanzar este modelo ideal, se requiere que los profesores desarrollen conocimiento a partir de sus propias prácticas (“craft knowledge”), y que de ahí construyan las maneras en que desean utilizar las nuevas tecnologías.

Incorporación de las tecnologías digitales en la práctica del docente en el aula

Como antes se mencionó, el trabajo que aquí se presenta contribuye a responder cómo incorporan la tecnología los docentes de matemáticas del bachillerato, en sus prácticas escolares. Específicamente se partió de los resultados de investigaciones antecedentes, las cuales se acaban de reseñar (i.e., Ruthven, 2007 y 2002; Ruthven y Hennessy, 2002), y de la realizada por Zbieck and Hollebrands (2008), que enseguida se reseña.

Marco teórico y metodología

Diseño de un curso piloto en línea para la actualización de maestros

Del trabajo realizado por Zbieck y Hollebrands (2008), el cual sintetiza diez años de investigación sobre la incorporación de la tecnología matemática en las prácticas de los docentes en el salón de clases, se extrajo una estructura racional para la organización de un curso en línea (OLC) de seis meses de duración, para maestros en servicio, los cuales atendían a estudiantes de 15 a 18 años de edad.

En el OLC se abordaron temas de matemáticas y de tecnologías de la información, los cuales se han especificado en trabajos publicados anteriormente (XXX, 2009-2010). Los constructos teóricos de Zbieck y Hollebrands (2008), específicamente su reconceptualización del modelo PURIA de Beaudin & Bowers (1997), permitieron analizar los datos que se obtuvieron en este estudio como si se derivaran de la introducción de innovaciones tecnológicas en la escuela.

Vale la pena hacer notar que el OLC que aquí se instrumentó se planteó como un curso de actualización en el contexto general de las políticas educativas oficiales vigentes en la mayoría de los países, según las cuales el profesorado en servicio debe de aprender como incorporar la tecnología matemática en sus prácticas escolares, para tratar de acortar la brecha digital actualmente existente entre los estudiantes (nacidos ya en la era digital) y gran parte del profesorado en servicio, entre quienes se encuentran dificultades e incluso resistencia a asimilar el cambio tecnológico (ver, por ejemplo, Assude *et al.*, 2006). También en México, políticas educativas semejantes apoyan la integración de las nuevas tecnologías en la enseñanza, poniendo énfasis particularmente en que esto se haga en la enseñanza de las matemáticas.

Para que los maestros pudieran acometer la tarea de incorporar la tecnología matemática en sus salones de clase, se instrumentó un curso piloto¹ en línea de seis meses de duración, en el que participaron 120 maestros en servicio. En ese momento los maestros se hacían cargo de diferentes cursos, y, de acuerdo con el curso, el rango de las edades de los estudiantes varió entre los 15 y los 18 años. Una de las hipótesis del diseño del curso fue que éste permitiría que los maestros participantes aprendieran a usar tecnología y a hacer matemáticas con la tecnología.

En este artículo sólo se reportan las prácticas docentes que se observaron en 15 de los participantes, los cuales formaron parte de uno de los grupos que cursaron el OLC, el cual se eligió de manera aleatoria.

Obtención de los datos

A lo largo del OLC hubo cuatro semanas de actividades (dos al final de las primeras diez semanas de actividades, y dos más al final de las siguientes diez), en donde los maestros tuvieron que ejecutar la siguiente serie de tareas: (a) Elegir un tópico de matemáticas del bachillerato, junto con el software, herramientas o materiales digitales, de tal manera que se pensara que lo elegido sería útil al usarlo para su enseñanza; b) llevar a cabo una sesión de trabajo con los estudiantes de la manera en que se creyera conveniente, de acuerdo con el material digital elegido; c) video-grabar la sesión de trabajo; d) subir una versión de la grabación de siete minutos a YouTube; y finalmente, e) subir a la plataforma (recuérdese que el curso y todas las actividades en cuestión se llevaron a cabo a través de Internet, en un curso completamente en línea, montado sobre una plataforma *moodle*) un reporte descriptivo del contenido del video junto con la dirección electrónica del mismo en YouTube (i.e., URL del video).

De este segmento de actividades se extrajeron los datos principales que se analizan en este estudio y se generaron los resultados que enseguida se presentan.

Análisis y resultados

Descripción de las formas de incorporación de las herramientas digitales

De los quince profesores participantes, sólo nueve completaron todas las tareas que se les requirieron a lo largo del OLC, específicamente aquellas que tuvieron que ver con el registro de las prácticas de enseñanza usando tecnología. Un resumen de las ejecuciones de los profesores aparece en la siguiente tabla:

Caso	Datos Generales	Tema; herramienta digital elegida; URL del video	Forma en que la tecnología se incorporó en la clase
	(a) Iniciales del nombre del profesor (b) Ciudad de residencia		

1	(a) HA (b) Veracruz	- Resolución de ecuaciones - Software PowerPoint http://www.youtube.com/watch?v=PLYsIO-Vh0	El profesor usa un LCD, una laptop y software para explicar o introducir un tema matemático (forma "clásica").
2	(a) AG (b) Baja California	- Relación entre una función y su derivada - Software GeoGebra http://www.youtube.com/watch?v=Lk2yVHDjexA	Misma ejecución que en el caso 1.
3	(a) AM (b) Guanajuato	- Simplificación de expresiones algebraicas racionales - Software Java and HTML http://www.youtube.com/watch?gl=MX&hl=es-MX&v=N1FwbEo5KGI	El profesor agrega a la forma clásica de enseñanza una formulación de preguntas general dirigida a los estudiantes, sobre temas matemáticos incidentes.
4	(a) HM (b) Baja California	- Cálculo del área de figuras geométricas en 2D - Software GeoGebra http://www.clipshack.com/Clip.aspx?key=CDF72468862861A8	El profesor agrega a la forma clásica de enseñanza una elección de herramientas digitales apropiadas para justificar o confirmar cálculos complejos.
5	(a) FM (b) Veracruz	- Gráficas, ecuaciones y funciones - Software GeoGebra http://www.youtube.com/watch?v=BXAE2b5U3M4	Misma forma que en el caso 4.
6	(a) AL (b) Sinaloa	- Diseño de figuras geométricas y cálculo de áreas. - Software GeoGebra http://www.youtube.com/watch?gl=ES&hl=es&v=yhXs8BLMFIM	El profesor es capaz de orquestar el trabajo de los estudiantes con la computadora, dirigiendo el trabajo de los estudiantes por medio de una plantilla (hoja de trabajo) a llenar con las respuestas de los mismos.
7	(a) SM (b) Colima	- Ecuación de una línea recta - Software GeoGebra http://www.youtube.com/watch?gl=MX&hl=es-MX&v=X4c8IHEzQsM	Misma ejecución que en el caso 6.
8	(a) OV	- Resolución de desigualdades	El profesor orquesta el trabajo de los estudiantes

	(b) Baja California	- Software Aplusix http://mx.youtube.com/watch?v=gwGcPtyXYbs	con la computadora pero agrega al uso de las herramientas digitales el uso del lápiz y el papel (o el pizarrón) para comparar las ejecuciones y los resultados de los estudiantes.
9	(a) FG (b) Hermosillo	- Propiedades y construcción de instrumentos en Física - Software PowerPoint http://fcogurrola.blogspot.com	El profesor es capaz de orquestar trabajo autónomo con la computadora por parte de los estudiantes, basándose en el trabajo de los estudiantes y en la cooperación en el aula en pequeños grupos.

En síntesis, se revelaron cinco formas de enseñanza con uso de tecnologías digitales:

- (a) Un patrón de incorporación (forma *clásica*) que consiste en que el profesor explica un tema frente al grupo utilizando el uso del cañón, una laptop que él manipula y un software. (ver casos 1 y 2 en la tabla).
- (b) Una versión modificada del patrón de incorporación clásico que añade la interacción del maestro con los estudiantes, a través del planteamiento de preguntas a toda la clase (ver caso 3). También en esta categoría se están considerando las ejecuciones del profesor en donde añade al *patrón clásico* de enseñanza la elección de herramientas digitales apropiadas para justificar o confirmar cálculos complejos (ver casos 4 y 5).
- (c) En esta categoría entran las ejecuciones del maestro que se basan en la instrumentación de la actividad (Verillon and Rabardel, 1995; Assude *et al.*, 2006), dirigida por el uso de un guión (*script*) o *plantilla* (hoja de trabajo ó *template* en inglés). En estos casos (ver casos 6 y 7 en la tabla), el profesor es capaz de orquestar el trabajo en el aula con las computadoras, y principalmente dirige el trabajo de los estudiantes por medio de guías o *plantillas*.
- (d) En estas ejecuciones de los maestros también se aprecia una orquestación (Trouche, 2004) del trabajo de los estudiantes con la computadora, pero se añade el uso de otras herramientas tecnológicas (en este caso el lápiz y el

papel, ó el gis y el pizarrón) y se busca la conciliación de resultados (i.e. hay *negociación de significados*. Ver caso 8).

- (e) En estas ejecuciones del profesor se puede observar un cambio drástico del centramiento de la actividad, pues pasa de centrarse en las ejecuciones del profesor a centrarse completamente en las ejecuciones de los estudiantes (en particular, en el video ya no se ve la injerencia del profesor). Sintéticamente, la enseñanza gira en torno de un trabajo cooperativo centrado en la apropiación de la tecnología por parte de los estudiantes (ver caso 9).

Enseguida se presentan algunas de las imágenes de las ejecuciones de los profesores, tomadas de los videos, las cuales sintetizan de manera gráfica las últimas cuatro categorías que se acaban de mencionar, y se avanzan las primeras conclusiones del estudio.

Conclusiones y prospectiva

Las diferentes formas en que los profesores desplegaron su enseñanza en el aula, haciendo uso de herramientas digitales y/o de tecnología matemática para abordar los temas de su elección, permiten una apreciación cualitativa del desarrollo de su conocimiento artesanal (*craft knowledge*) en cuanto a la incorporación de las innovaciones tecnológicas en la escuela (Ruthven, 2007 y 2002).

Después de realizado este estudio exploratorio es factible predecir el progreso de los profesores en relación con el aprendizaje del uso de tecnología para enseñar matemáticas, pues de acuerdo con el Modelo PURIA (Zbieck and Hollebrands, 2008) extendido, los profesores que participaron en el OLC podrían alcanzar el último modo de incorporación de la tecnología matemática, el modo Evaluar (Assess), después de haberse involucrado en la evaluación de las ejecuciones de sus estudiantes con la tecnología, ó notando cómo se desplegaba el pensamiento matemático de sus estudiantes mediado por las orquestaciones que él mismo hubiera planeado.

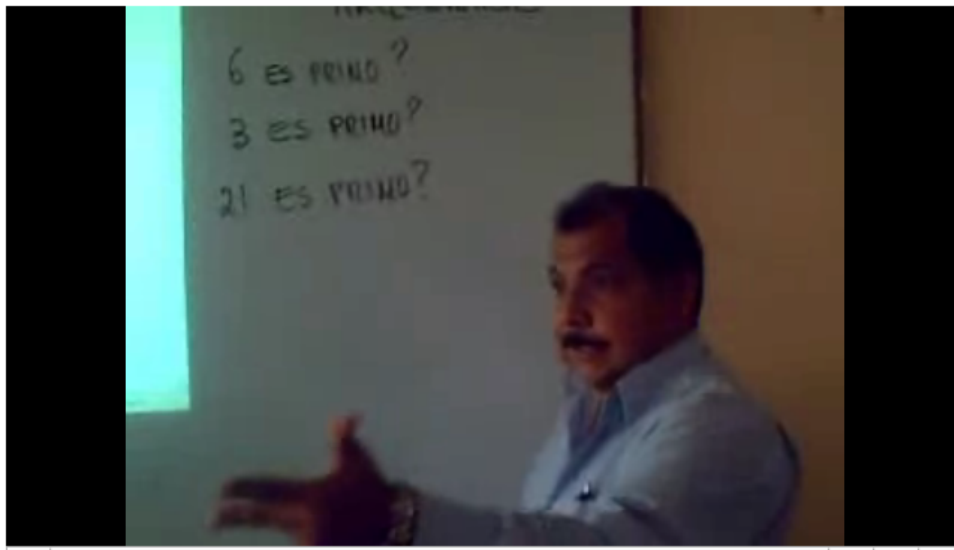


Figura.1. Al *patrón clásico* de enseñanza se agrega el planteamiento de preguntas por parte del profesor a toda la clase (ver caso 3).



Figura.2. El maestro dirige una instrumentalización de la actividad conducida por el uso de una planilla o guía de trabajo (ver casos 6 y 7).

Pero no es evidente el logro y/o la realización de la última fase del Modelo PURIA.

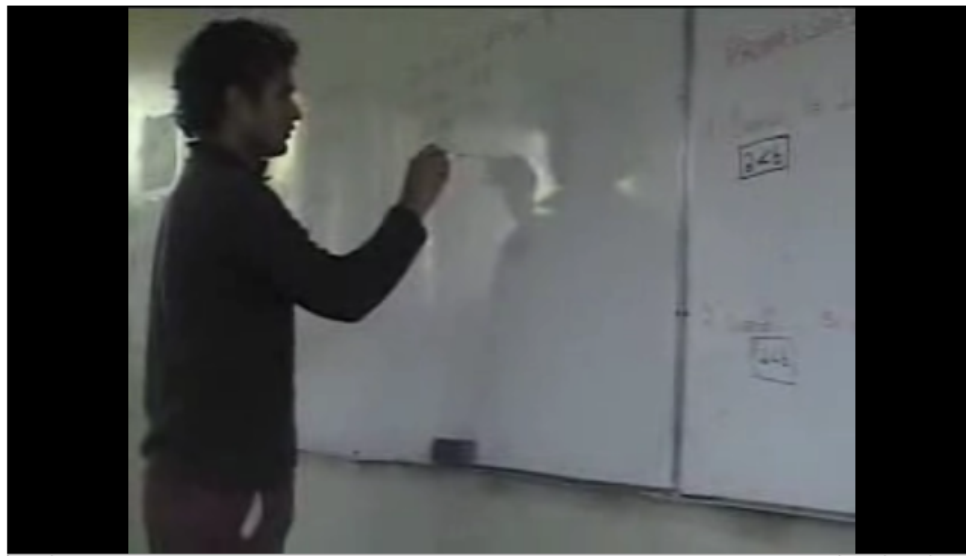


Figura.3. El profesor orquesta la actividad usando distintas herramientas tecnológicas y estableciendo comparaciones entre las ventajas y desventajas de la utilización de los diferentes artefactos (ver caso 8).

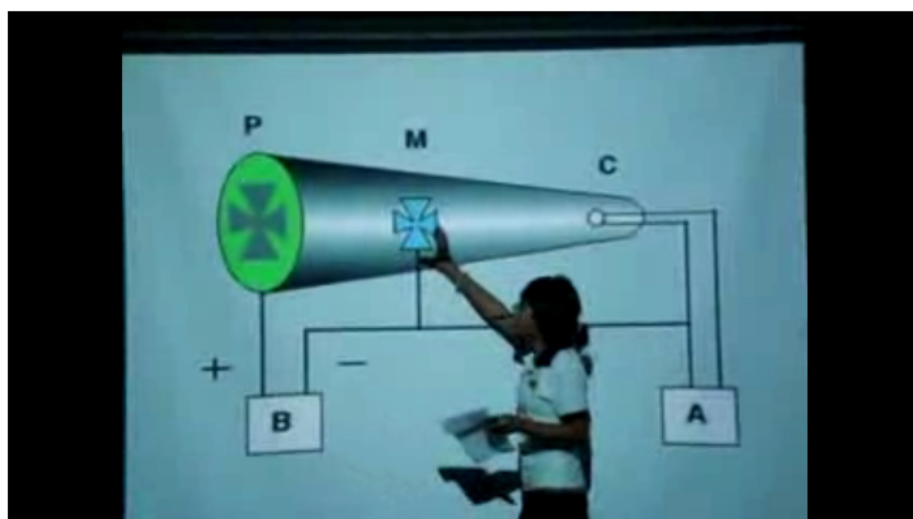


Figura.4. El profesor organiza trabajo cooperativo en su clase centrado en la apropiación de los estudiantes de la tecnología y en el aprendizaje por proyectos (ver caso 9).

Según investigaciones recientes acerca del desarrollo profesional de los docentes (Guedet & Trouche, 2009; Guin *et al.*, 2008), es posible pensar en el diseño de nuevas estrategias de formación para los docentes basadas en la construcción de recursos y apoyo para el maestro que promuevan la mejora de sus prácticas de enseñanza con herramientas digitales. Sólo queda agregar que una de las hipótesis de los resultados de la implementación de los nuevos escenarios de observación del desarrollo profesional del docente, en donde los maestros usarán herramientas metodológicas, digitales y pedagógicas recientes, es que todo ello les permitirá involucrarse en actividades centradas en el desarrollo

del tipo de competencias que reclama la fase de evaluación del Modelo en cuestión (Jacobs, Lamb & Philipp, 2010; Herbst, 2010).

Notas

¹ Ver <http://upn.sems.gob.mx>

Referencias

- Assude, T., Grugeon, B., Laborde, C. & Soury-Laverge, S. (2006). Study of a teacher professional problem: How to take into account the instrumental dimension when using Cabri-geometry? In Hoyles, C., J.B., Lagrange, Le Hung Son and Sinclair, N. (eds.), *Proceedings of ICMI17, Part 2*. Hanoi: Hanoi University of Technology.
- Cobo, C. (2009). Aprendizaje colaborativo. Nuevos modelos para usos educativos. En M. L. Garay (ed.), *Nuevas Tecnologías de la información: horizontes interdisciplinarios y perspectivas de investigación*. México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Herbst, P. (2010). Practical rationality and the justification for actions in teaching. In P. Brosnan, D. Erchick and L. Flewares (eds.), *Proceedings of the 32th PMENA*, p. 46-54. Columbus, Ohio: Ohio State University.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2009) Conception et usages de ressources pour et par les professeurs : développement associatif et développement professionnel. *Dossiers de l'ingénierie éducative*, 65, 78-82.
- Guin, D., Joab, M., & Trouche L. (dir.) (2008) Conception collaborative de ressources pour l'enseignement des mathématiques, l'expérience du SFoDEM (2000-2006), cédérom, INRP et Université Montpellier 2
- Jacobs, Lamb & Philipp, (2010). Professional Noticing of Children's Mathematical Thinking. En *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 41, No. 2, p. 169-202.
- Ruthven, K. (2007). Teachers, Technologies and the Structures of Schooling. En *Proceedings of CERME 5*. Larnaca: University of Cyprus. (Retrieved from <http://ermeweb.free.fr/CERME5b on 02/15/09>)
- Ruthven, K. (2002). Linking researching with teaching: Towards synergy of scholarly and craft knowledge. En L.D. English (ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education*, p. 581-630. New Jersey: LEA.
- Ruthven, K. & Hennessy, S. (2002). A practitioner model of the use of computer-based tools and resources to support mathematics teaching and learning. *Educational Studies in Mathematics*, 49 (1), 47-88.
- Trouche, L. (2004). Managing complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding student's command process through instrumental orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281-307.

- Verillon, P. and Rabardel, P. (1995). Cognition and Artefacts: A Contribution to the Study of Thought in Relation to Instrumented Activity. *European Journal of Psychology of Education*. Vol. 10, No. 1, pp. 77-101.
- Zbiek, R. & Hollebrands, K. (2008). A research-informed view of the process of incorporating mathematics technology into classroom practice by in-service and prospective teachers. En *Research on Technology and the Teaching and Learning of Mathematics: Vol. 1. Research Syntheses*, pp. 287-344. USA: Information Age Publishing.