

APLICACIONES EN DISPOSITIVOS MÓVILES ENFOCADAS AL ESTUDIO DE CONCEPTOS DE CÁLCULO

Elena Fabiola Ruiz Ledesma, Jossue Desiderio Hernández González, Juan Jesús Gutiérrez García

Instituto Politécnico Nacional. ESCOM

México

Resumen. En el presente artículo se muestra el desarrollo y uso de aplicaciones para dispositivos móviles, que le permite al estudiante tener un acercamiento visual al concepto de función. El marco teórico fue el uso de registros de representación semiótica, la importancia de la visualización y para el diseño de las actividades se empleó la Teoría de la Matemática Realista. Para la construcción de la aplicación se usó la cámara de los dispositivos móviles así como los diversos sensores que tienen. La investigación se enmarca en el Modelo Educativo del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Los instrumentos metodológicos empleados fueron, observaciones en diferentes momentos a los grupos con los que se trabajó (en total la muestra fue de 69 estudiantes), un cuestionario diagnóstico sobre el tema de funciones y la derivada y una encuesta sobre los componentes de los celulares de los alumnos. Al principio de la actividad, los estudiantes buscaban valores y una fórmula para sustituirlos, después trabajaron empleando material y finalmente la aplicación de su celular. Se concluye que la herramienta les permitió resolver la actividad en un menor tiempo y de forma correcta.

Palabras clave: Función, dispositivos móviles, Educación Superior, M-learning.

1. Introducción

Desde el año 2002 el *New Media Consortium* (NMC), que es una comunidad de expertos en tecnologías de la educación y EDUCASE, Asociación de investigadores en tecnologías de la información y Educación Superior; han realizado análisis de cómo se emplean las tecnologías en la educación. Su objetivo es proponer líneas de investigación para el desarrollo de tecnologías que sean implantadas en escuelas y universidades en un futuro inmediato, a mediano y a largo plazo. Johnson, Adams, Cummins, Estrada, Freeman and Ludgate, H. (2013).

Los reportes de 2012 y 2013 (Johnson, Levine, Smith and Stone, 2012; Johnson, et al., 2013) consideran el uso de dispositivos móviles como la nueva tecnología a ser implementada. Estos reportes describen tanto aplicaciones como proyectos en los que se proporciona a cada estudiante una tableta para trabajar en el aula con actividades como:

- Kioscos de vídeos.
- Responder cuestionarios.
- Lecturas en clase.
- Mathcasts

2. Antecedentes

2.1 Sobre el cómputo Móvil

El cómputo móvil está siendo explorado, utilizado y desarrollado en diferentes países, debido a que las aplicaciones disponibles para los dispositivos móviles permiten a los alumnos construir su propio entorno de aprendizaje, con todos los recursos y herramientas necesarios en un mismo dispositivo ya que han evolucionado desde simples dispositivos para llamadas telefónicas a las potentes computadoras de mano, que son capaces de manejar el correo electrónico, navegar por internet y cuentan con servicios de localización GPS (Global Positioning System); tienen sensores complejos, tales como pantalla multitáctil, brújula digital y acelerómetro. El software es mucho más avanzado y tiene una interfaz gráfica de usuario, que se asemeja a los sistemas operativos que se podrían ver en una computadora de escritorio.

2.2 Empleo de las tecnologías en matemáticas

La aplicación de herramientas para el aprendizaje autónomo de ciertas áreas de conocimiento, específicamente en el área de las Matemáticas, se ha convertido en una alternativa factible ya que dichas herramientas como programas de entrenamiento suelen ser útiles. Sin embargo, cabe destacar que las herramientas empleadas en el Proceso Enseñanza Aprendizaje son insuficientes por las siguientes razones:

- Los contenidos que presentan son limitados y carecen de una actualización frecuente.
- El software por sí mismo no es capaz de lograr aprendizajes de conceptos matemáticos si no es utilizado de forma racional y acompañado de actividades didácticas que produzcan reflexiones significativas en los estudiantes.
- Mucho del software disponible actualmente emplea en su mayoría estrategias conductistas, es decir, presenta el conocimiento de forma lineal, a través de notas enlazadas (*links*) secuencialmente.

El software que existe tiende a guiar al alumno mostrando siempre los mismos contenidos de tal modo que deberá ajustarse a la forma en que son mostrados siguiendo una línea de aprendizaje pre-definida al momento de utilizar dicha herramienta.

Por otra parte la tecnología puede contribuir a mejorar la educación si su uso se contextualiza. Buscando el intercambio de ideas, el aprendizaje colaborativo, la construcción de conocimiento. Esto es, se requiere de conocer la problemática para resolverla o proponer nuevas estrategias de solución. Kalman (2012).

Al realizar una búsqueda de las aplicaciones que se encuentran actualmente en el mercado se puede observar que se mantiene la problemática señalada en los párrafos anteriores. Quizá se ha perdido el uso de ligas y ahora los dispositivos muestran páginas en las que se puede avanzar simulando el movimiento del dedo que pasa por una página en la pantalla. En la figura 1 se muestran algunas de las aplicaciones de Matemáticas que ya existen en el mercado. Hay desde las que son un simple “formulario” organizado por categorías y las que presentan ejercicios aleatorios con respuestas de opción múltiple.

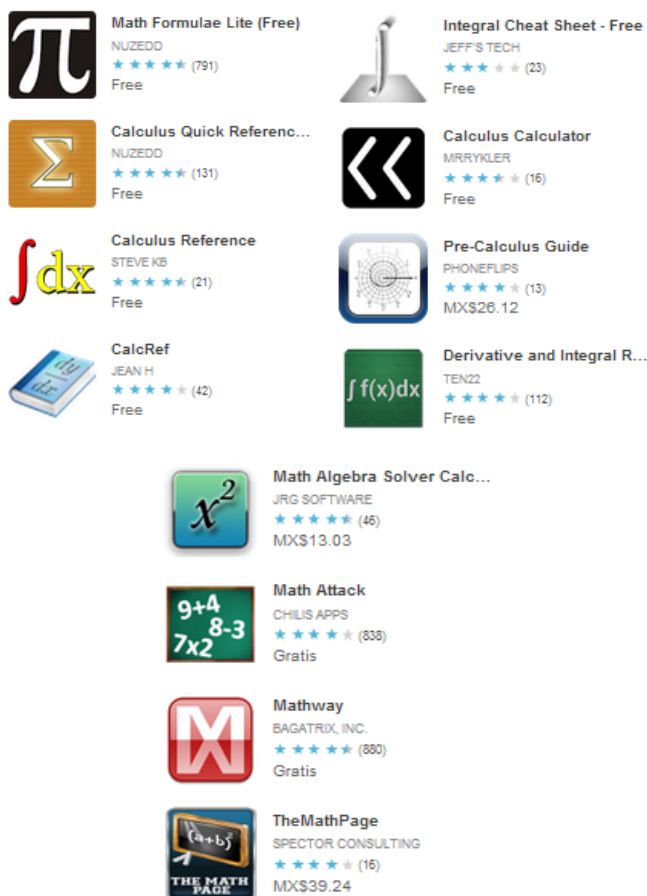


Fig. 1 Software que existe en el mercado para apoyo en el aprendizaje de las matemáticas.

2.3 Problemas en la Enseñanza del Cálculo

Entre los problemas de aprendizaje del Cálculo que se han detectado en los estudiantes, está el concepto de función que es fundamental en el desarrollo de todo el Cálculo. (Bowers, J y Doerr, H.), se señala que: “Una sólida comprensión de la noción de función es uno de los antecedentes vitales de cualquier estudiante que espera comprender cálculo”

Oliveros, 1999, describe las complicaciones de estudiantes y profesores que restringen su estudio a una manipulación algebraica y enfatiza la importancia de múltiples representaciones. Por otro lado también se ha

hecho énfasis en que los estudiantes sean capaces de interpretar una gráfica y encontrar, a partir de ella, el valor de una función para diferentes valores de la variable independiente, así como describir patrones de cambio en el valor de una función, para valores consecutivos de la variable independiente .

En los últimos años las escuelas de Nivel Superior han orientado su formación académica a fin de que sus egresados tengan un nivel de desarrollo rentable para las empresas, desafortunadamente los alumnos ingresan con un nivel en Cálculo, bastante bajo, el cual, no permite el completo desarrollo de sus capacidades analíticas en las distintas materias que lo requieren. Esto se debe en gran medida que, a pesar del avance y desarrollo de nuevas y mejores tecnologías de aprendizaje en el área de educación aún no se logra la aplicación continua de estas en la Educación Media Superior (EMS), para lograr despertar el interés y la necesidad de aprender de manera autónoma en los alumnos.

Esto genera consigo:

- Retraso en el aprendizaje de otras materias cuya base es Cálculo.
- Índice bajo en aprendizaje de Matemáticas desde la Educación Media Superior.
- Falta de interés en aprender otros métodos de estudio.
- Deserción de los alumnos por no poder acreditar las materias básicas, Pérez and Pérez (2007).

En la figura 2 se muestra un gráfico que muestra a las Materias de Cálculo con alto índice de reprobación en la Unidad Académica Del IPN donde se llevó a cabo la investigación.

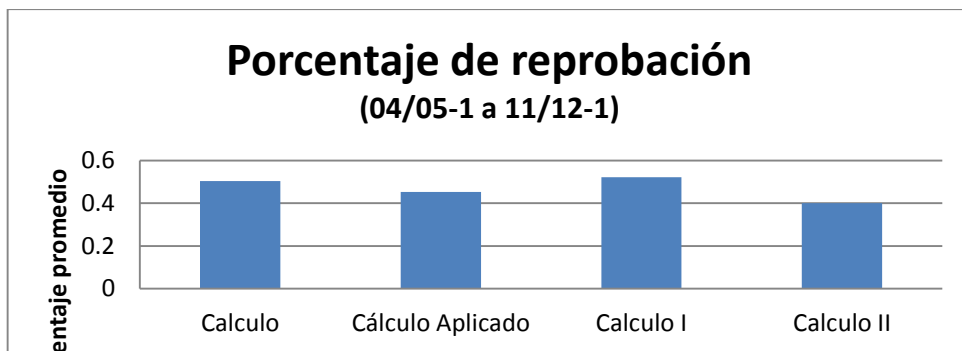


Fig. 2. Histórico del promedio de reprobación en una Unidad Académica del IPN

3. Planteamiento del problema

Ante la ausencia de aplicaciones de Cómputo Móvil contextualizadas, que apoyen el Proceso de Enseñanza y Aprendizaje en el Cálculo, se propone aprovechar la usabilidad que proporciona el *M-Learning* al desarrollar aplicaciones que permitan al estudiante trabajar en diferentes registros de representación semiótica.

La ausencia de aplicaciones de Cómputo Móvil, no fue el único motivo para realizar esta investigación. Además se busca aprovechar las concordancias que existen entre la forma en que los alumnos utilizan sus dispositivos móviles y el Modelo Educativo del Instituto Politécnico Nacional (IPN, 2009). En este artículo se describe el beneficio de esta relación.

4. Justificación

Como parte de la justificación de la investigación que se reporta en este artículo se tienen los siguientes aspectos:

Las aplicaciones de Cómputo Móvil, que se utilizan para para apoyar el Proceso de Enseñanza Aprendizaje, no explotan todas las características del Cómputo Móvil.

- Es un problema vigente que requiere ser estudiado
- Se reporta que cada vez hay más personas que tienen adicción a su dispositivos móviles, (Kurskowsky, 2012).
- Los costos se reducen pues los estudiantes cuentan con dispositivos móviles.

- Los alumnos de niveles superiores se encuentran inmersos en una cultura móvil, [6].
- Las calculadoras que permiten hacer actividades similares tiene costos elevados y son difícilmente actualizables además de requerir de hardware específico, [6]
- Muchos estudiantes se enfocan más al trabajo algorítmico y/o memorístico (Artigue y Douday, 1995).
- Gran cantidad de alumnos está acostumbrado a trabajar en torno a lo algebraico, no estableciendo una relación con los registros gráfico y tabular

La propuesta de esta investigación, pretende que el estudiante resuelva situaciones en donde se involucre a la función para que logre darle sentido y significado a través del empleo de los registros de representación como es señalado por Harel & Dubinsky (2000), para que se construya dicho concepto. Con estos conceptos ya dominados pasar a la generalización y formalización matemática de la función.

Por otra parte. A nivel mundial se está experimentando un auge del uso de dispositivos móviles, de ahí que los estudiantes tienen ahora contacto y utilizan sus aparatos, principalmente teléfonos celulares, para comunicarse, escuchar música y/o jugar. Pero el potencial de Cómputo que tienen en estos dispositivos puede ser aprovechado para aprender y se han generado pocas aplicaciones con esta finalidad. (Johnson, Levine, Smith and Stone, 2012; Johnson, et al., 2013)

La propuesta es desarrollar actividades que matematicen el problema como se refiere en la Educación Matemática Realista (Freudenthal, 1991). Con estas actividades se pretende usar el cómputo móvil como agente de cambio y una forma de construcción del conocimiento matemático con representaciones dinámicas, captura y análisis de datos de un problema real, y basadas en las ideas, conceptos y procedimientos matemáticos.

5. Objetivo general

Diseñar actividades y aplicaciones que permitan al estudiante trabajar conceptos como el de función mediante su interpretación y no tanto desde lo memorístico.

6. Marco Teórico

6.1 M-learning

Los avances tecnológicos han inundado todas las actividades humanas, especialmente los dispositivos móviles, a tal grado que algunos autores refieren a una cultura móvil (Kurkovsky, 2012). En el caso de la educación no es la excepción, se tiene gran cantidad de software y hardware diseñado para educación. Un ejemplo claro de esto es la conversión de la educación a distancia hacia una educación en línea *e-learning* y las diversas modalidades: aprendizaje móvil *m-learning*, al que referiré más adelante; aprendizaje combinado presencial y en línea: *b-learning*; utilizando la televisión *tv-learning*. (Morales, 2014)

El aprendizaje móvil, conocido como M-learnig, debe incluir la capacidad para aprender donde sea, a cualquier hora y sin necesidad de conexiones físicas o cables de red. Esto puede ser logrado mediante el uso de dispositivos móviles y portables tales como teléfonos celulares, tablets, laptops, etc. Los cuales tienen la capacidad de conectarse con otros dispositivos para presentar información educativa y realizar intercambio bilateral de información entre estudiantes y maestros.

El aprendizaje móvil está contenido dentro del aprendizaje electrónico y es conveniente, debido a que es accesible desde cualquier espacio/tiempo. El aprendizaje móvil como otras formas de aprendizaje electrónico es también colaborativo y compartir información es casi instantáneo entre todos los que usan el mismo contenido, lo que conlleva a la retroalimentación y consejos de tutores o estudiantes.

Leung y Chan, 2003, establecen que como el aprendizaje móvil es primeramente entregado sobre redes inalámbricas, éste puede adaptarse rápidamente a las necesidades de aprendizaje y es posible para los aprendices encontrar y aprender lo que necesitan en el lugar y la hora que les guste.

Los aprendices que utilizan los dispositivos móviles pueden colaborar con instructores y otros aprendices para mejorar su propio aprendizaje. El aprendizaje móvil puede entregar materiales de aprendizaje en formatos multimedia de una manera rápida y sin mucho costo. Esto está generando gran expectativa en el sistema educativo, sobre el que se están realizando interesantes iniciativas empresariales.

6.2 Registros de representación Semiótica

El papel que juegan los símbolos y signos en el desarrollo del pensamiento matemático es determinante, y por ello, la semiótica y todos aquellos aspectos que forman parte de dicho campo, se han incorporado como ámbito de estudio en el área de la educación matemática. Duval, 1995, pone énfasis en la pluralidad de registros de representación semiótica y señala que son fundamentales tanto las palabras como los signos para el desarrollo del pensamiento conceptual.

La consecución de un conocimiento profundo y la presencia de continuas dificultades que experimentan los estudiantes, guardan una estrecha relación con las diferentes maneras de representar las ideas matemáticas. Destacan, entre otros, los trabajos de autores como Goldin y Janvier (1998), Duval (1993, 1995, 2006a, 2006b), Radford (2006a, 2006b), Radford y André (2009).

Entre los resultados más importantes del análisis podemos destacar que se concede poca importancia a la pluralidad de registros de representación con los que se puede trabajar, lo que se traduce, por un lado, en una pérdida de posibles alternativas mediante las cuales los estudiantes puedan acceder a los conocimientos en función de su propia singularidad en la tarea de aprender, y por otro lado, en la consideración, de que todas las representaciones de un objeto matemático determinado tienen el mismo contenido, privándose así al estudiante de elementos esenciales y necesarios para la correcta conceptualización de los conceptos matemáticos.

6.3 Importancia de un acercamiento conceptual

Harel & Dubinsky, 1992 señalan que el aprendizaje de matemáticas de los estudiantes está fuertemente ligado a la parte algorítmica y no al concepto involucrado.

Artigue (1995), señala que “... frente a las dificultades encontradas, la enseñanza tradicional y, en particular, la enseñanza universitaria, aún si tienen otras ambiciones, tiende a centrarse en una práctica algorítmica y algebraica del cálculo y a evaluar en ese sentido las competencias adquiridas en ese dominio. Este fenómeno se convierte en un ciclo vicioso: para tener niveles aceptables de éxito, se evalúa aquello que los estudiantes pueden hacer mejor, y esto es, a su vez, considerado por los estudiantes como lo esencial, ya que es lo que se evalúa” (p-97).

6.3 Matemática Realista

La Educación Matemática Realista (RME por sus siglas en inglés), se basa en la matematización horizontal y vertical. La vertical conlleva a la simbolización, generalización y formalización (Andresen, 2007).

Desde esta perspectiva los estudiantes deben aprender matemáticas a través de la matematización de una situación real (Rasmussen & King, 2000), un problema con un contexto, y en este proceso el alumno pasa por niveles de comprensión: situacional, referencial, general y formal.

Se utilizan diferentes contextos para plantear situaciones (Dickinson & Hough, 2012) y se ha observado que la relación con los problemas reales permite a los alumnos razonar y actuar de manera significativa desde el principio. Por ejemplo, se comienza con aproximaciones discretas que se muestran en gráficas para posteriormente ser la base de los conceptos formales del cálculo (Gravemeijer & Doorman, 2000).

Estos resultados reportados nos dan certeza en basar la investigación propuesta en el presente artículo.

7. Metodología

La muestra estuvo conformada por 69 estudiantes que cursaban su primer semestre de ingeniería en una unidad académica del IPN. Estos alumnos conformaban tres grupos, uno de ellos (grupo A) constaba de 30 estudiantes quienes habían obtenido una mejor calificación en el examen que se les aplica al ingresar al IPN, el segundo grupo (grupo B) había obtenido una calificación más baja en dicho examen de ingreso y los 9 alumnos restantes formaban el grupo C quienes se encontraban recursando la materia.

Los estudiantes de los 3 grupos se encontraban en el turno matutino, sus edades oscilaban entre 18 y 19 años.

Los instrumentos metodológicos empleados fueron los siguientes:

- 1: Observación a los grupos, para determinar sus conocimientos previos y el tipo de enseñanza al que los estudiantes están acostumbrados.
- 2: Aplicación de encuesta sobre móviles.
3. Aplicación del cuestionario diagnóstico sobre el tema de función.
- 4: Diseño de las actividades para trabajar el concepto de función, empleando lápiz y papel para el grupo de control y para usar el dispositivo móvil para el grupo de estudio.
- 5: Se recolectan y analizan los resultados obtenidos por las actividades.

7.1 Observación

Se diseñó un protocolo de observación poniendo énfasis en el tipo de actividades que el estudiante está acostumbrado a realizar así como la revisión de antecedentes.

Se encontró que en los 3 grupos tenían deficiencias en aspectos de trigonometría y geometría analítica, como el no relacionar las gráficas con sus expresiones algebraicas, en el caso de la parábola, la circunferencia y la elipse. En su mayoría los estudiantes están más acostumbrados a resolver ejercicios para obtener la función derivada y no tanto en resolver problemas.

En el grupo donde los alumnos tenían un mejor promedio se observó que eran más participativos, cuestionaban al maestro sobre las explicaciones que daba.

7.2 Encuesta sobre dispositivos móviles

Se empleó la encuesta a los 3 grupos, para recaudar datos en relación a las características que predominan en los dispositivos móviles con los que cuentan los alumnos.

Se encontró que el 80% de los alumnos cuenta con SmartPhone (teléfonos inteligentes), los cuales poseen un gran poder de cómputo, estas características de los dispositivos móviles han abierto una posibilidad de aprovechar las concordancias que existen entre la forma en que los alumnos utilizan sus dispositivos móviles y el Modelo Educativo del IPN.

7.3 Cuestionario Diagnóstico

El cuestionario diagnóstico consistió de nueve preguntas y la décima es sobre la opinión de los estudiantes.

Se aplicó el cuestionario a los 3 grupos dándoles una hora y media para su resolución. Se calificó entre 0 y 5, el cero fue asignado al problema que fue resuelto de forma incorrecta, mientras que el cinco para la respuesta correcta. Si no hay dato es que el alumno no respondió la pregunta. Las preguntas se enfocaron en revisar tanto la parte conceptual como la algorítmica de los estudiantes, y se observó que la mayor parte de los alumnos muestran deficiencias con las que se relacionan con el concepto.

Los problemas se numeran desde uno hasta nueve y en varios de ellos se formulan preguntas para lo cual se emplean incisos, que se marcan con las letras a, b, c, d, e y f.

Al tomar el promedio de las calificaciones, sólo las que se respondieron bien (calificación entre 1 y 5) se tiene lo siguiente. Las algorítmicas tienen una calificación promedio de 4.39 y las de concepto 3.96. Esto quiere decir que aún en los alumnos que responden correctamente les es más sencillo responder las algorítmicas.

La gráfica de la figura 3, muestra el porcentaje del tipo de respuesta para cada pregunta (correcta o incorrecta). En donde el promedio de las preguntas contestadas de forma incorrecta es mayor para el grupo de preguntas de concepto que para las algorítmicas. (46.98% y 30.48% respectivamente). Para la gráfica se emplearon los 69 cuestionarios sin

Tipo pregunta	Número pregunta
Concepto	1a, 1b, 2, 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 6a, 6b, 6c y 7g
Memorísticas	4, 5a, 5b, 5c, 7a, 7b, 7c, 7d, 7e, 7f, 8a, 8b, 8c, 9a, 9b, 9c

hacer distinción entre los grupos.

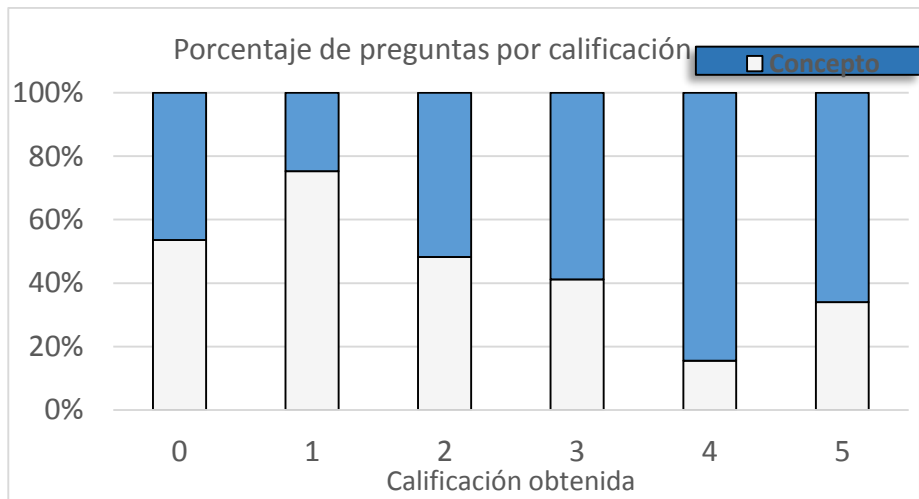


Fig.3. Muestra cómo las preguntas algorítmicas son respondidas correctamente con mayor frecuencia.

Esta diferencia se ve incrementada al hacer el análisis de las dificultades que tuvieron los alumnos al responder. El error que se detectó con mayor frecuencia es que los alumnos sustituyeran en las expresiones que se les proporcionaron sin importar cuál era el ejercicio que se les pedía responder. Esto sucedió tanto en la pregunta 2 como en la 3e.

El segundo error más frecuente fue el confundir los conceptos que se les preguntaban.

7.4 Diseño del sistema para dispositivos móviles

El sistema cuenta con la posibilidad de adquirir datos en condiciones controladas por el alumno y almacena estos considerando el momento en que fueron capturados para otorgar independencia en la forma de uso a alumno y así motivar la innovación y el aprendizaje autónomo, que permite un aprendizaje significativo.

En el caso de la cámara, que en un estudio previo es la característica que se presenta con mayor frecuencia en los dispositivos móviles de los alumnos de la Escuela Superior de Cómputo del IPN, se permite “pintar” sobre ella, similar a la realidad aumentada, las distintas curvas básicas sobre la imagen para aproximar el comportamiento de lo que ha tomado (figura 4).



Fig. 4. Interface de la aplicación que permite “medir” sobre una imagen capturada.

El alumno debe considerar que los datos que proporciona la aplicación están en píxeles y deberá convertir estos, en caso de que se requiera, a una unidad métrica estándar.

Además de permitir al alumno obtener la expresión algebraica de las diferentes curvas trazadas sobre la imagen, se pueden realizar mediciones en las unidades especificadas, si se establece la conversión entre píxeles y las unidades establecidas,

La aplicación permite al alumno tomar mediciones con las distintas características del dispositivo, brújula, micrófono, acelerómetro, etc.

Por ejemplo, se puede utilizar a nivel del dispositivo para medir cambio en los ángulos respecto al tiempo y realizar la gráfica del ángulo con respecto al tiempo. Ver figura 5.

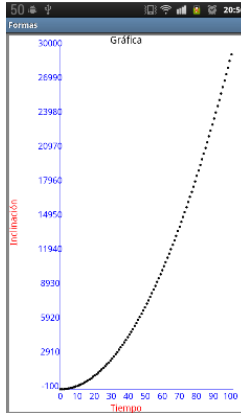


Fig. 5. La aplicación permite ver en forma gráfica las medidas realizadas con el dispositivo.

La aplicación también almacena los datos en el dispositivo para un análisis posterior, compartir datos con compañeros y profesores utilizando formatos estándar y comunicándose con Moodle.

Se diseñaron actividades para ser resueltas tanto por el grupo de control como por el de estudio. En la figura 6 se muestra una de las actividades en las que se trabajaron.

Motivación:

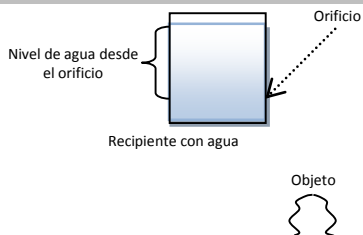
Saliendo de clase dos estudiantes se detienen un momento y ven en el jardín una tubería que tiene una fuga de agua y se dicen uno a otro:

- Mira, se cae el agua
- Sí, y luego nos dicen que la ahorremos
- Te imaginas que esa agua que sale fuera un arma y lo pudieras usar para destruir una nave

Ríen y se marchan para reportar la fuga al responsable del mantenimiento en la escuela.

Problema

Se tiene un recipiente con agua el cual tiene un orificio que genera la salida de ésta. Qué tan lleno debería estar el recipiente para que el agua alcance a mojar un objeto que está ubicado a una cierta como muestra la figura. Encuentra la regla de correspondencia entre la altura del nivel del agua y el lugar en el que debe estar el objeto para ser mojado.



Preguntas

Antes de comenzar con la actividad responde a las siguientes preguntas según tu propia experiencia.

- ❖ Si la posición relativa entre objeto y recipiente está dada ¿cuál debe ser el nivel del agua respecto al orificio para que se moje el objeto?
- ❖ ¿Qué trayectoria seguirá el hilo de agua?
- ❖ ¿Cómo cambia la forma del recipiente la trayectoria de la salida de agua?
- ❖ ¿La trayectoria del hilo de agua es afectada por el volumen de agua contenido en el recipiente?

Fig. 6 Actividad de Enseñanza

Para trabajar la sesión se reunió a los 69 estudiantes en un aula con suficiente espacio y se dividió al grupo en equipos de 3. Nueve de los equipos estuvieron integrados por alumnos de los 3 diferentes grupos, y 14 equipos por alumnos de dos de los grupos. Se les pidió que leyeran con detenimiento el problema y se les indicó que para resolverlo podían emplear su calculadora o su celular y que si lo consideraban necesario hicieran uso de su libro de texto. Los estudiantes comenzaron buscando alguna fórmula en su libro, que los ayudara a resolver las preguntas, pero comentaban que no se podía resolver el problema porque no había datos numéricos además de que necesitaban una fórmula para sustituir valores.

Algunos equipos trataban de establecer relaciones de velocidad y tiempo, otros empleaban la aceleración, pero ninguno llegó a establecer una relación adecuada a lo solicitado. En la segunda fase, se les proporcionó material como vasos desechables y agua para que simularan el vaso con agua. Los equipos hicieron orificio a sus vasos y vertían el agua, observaban como salía el agua por el orificio y la mayoría respondió que la función era decreciente, pero al

preguntarles por qué comentaban esto decían que era debido a como caía el agua del orificio.

Se observó que los alumnos no lograron interpretar la gráfica de la función que resultaba de la situación planteada.

En la tercera parte de la sesión se les colocó la aplicación en su celular, y se les pidió que la revisaran. Antes de explicarles la forma en que podían usarla, los alumnos de los 3 grupos emplearon su celular para grabar el fenómeno de la salida del líquido por el orificio y midieron la distancia que hay del orificio hasta la base del vaso y la distancia del orificio a la parte alta del mismo. Los estudiantes colocaban los valores obtenidos de las mediciones y observaron que se formaba una gráfica creciente. De esta forma pudieron relacionar el registro gráfico con el numérico.

En general, resolvieron las preguntas solicitadas.

En las figuras 7 y 8 se muestra el trabajo en el grupo y la aplicación, respectivamente.



Fig. 7 Trabajo en el grupo de estudio con el video

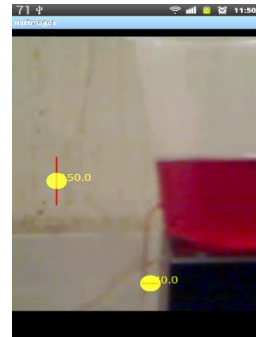


Fig. 8 Aplicación

Cada actividad cuenta con instrucciones para el alumno como para el profesor, preguntas a ser desarrolladas, estas actividades pueden ser obtenidas desde la red utilizando un servidor Moodle o también que sean impresas en papel para tenerlas a mano mientras realiza la captura de los datos.

8. Resultados

Primero se muestran conclusiones a las que llegaron algunos equipos de trabajo.

El equipo 6 concluyó que la cantidad de agua es un factor importante que influye en la presión que hace sobre el orificio del vaso y ésta se ve reflejada en la distancia del agua.

El equipo 6 también señaló que la función como tal no la pudieron expresar algebraicamente sólo obtuvieron conclusiones respecto a la práctica y a los conocimientos adquiridos. Pero que esto les permitió entender lo que está pasando y la pura expresión algebraica no les decía nada. Este equipo comentó que el emplear diferentes aplicaciones con su celular para resolver un problema de matemáticas es algo totalmente novedoso. Ejemplificaron el hecho de que ellos están acostumbrados a sacar video o tomar fotos a cosas ajenas a lo que trabajan en la escuela, y señalaron que a lo más ellos han empleado la cámara para tomar una fotografía al pizarrón, en lugar de tomar apuntes.

El equipo 2 señaló que la función es creciente, debido a que lograron visualizar la gráfica en su dispositivo móvil y a realizar un análisis. Para este equipo el emplear sus celulares fue hacer algo diferente pero interesante ya que llegaron a resolver un problema de matemáticas usando diversas aplicaciones que traen sus dispositivos móviles y les fue de mucha ayuda la aplicación que les instaló el maestro, ya que pudieron dibujar una gráfica y medir la distancia entre el objeto y el recipiente que contiene el líquido. Esto hace realista a las matemáticas.

Se observó que en la fase 2 de la resolución del problema, ningún estudiante tuvo la idea de grabar el fenómeno de la caída del agua por el orificio y buscar la forma de hacer medidas para resolver lo planteado, esto se desarrolló hasta la tercera fase en donde la aplicación indujo al estudiante para usar su celular de una forma diferente a la que lo ha hecho con anterioridad en el salón de clases.

En la figura 7 se presentan una serie de preguntas con sus respectivas respuestas con la finalidad de revisar la eficiencia del sistema móvil.

1. Los equipos requieren de más información.

No, realizan algunas observaciones sobre la aplicación del dispositivo móvil, pero en general manejan de manera natural e intuitiva la aplicación.

2. Emplean dibujos o diagramas para aproximarse a la solución.

Ningún equipo empleo diagramas, aunque todos discutieron sobre cuál sería la mejor disposición de los materiales para realizar la actividad.

3. Qué discuten entre ellos.
Empiezan leyendo las preguntas, tratando de resolver el problema y discutiendo la forma de hacerlo de manera empírica, con los materiales que se les proporcionaron.
Sobre la forma de cómo tomar mejor la fotografía con el dispositivo móvil, para que se vea bien el chorro de agua.
Ya con la aplicación, utilizándola, tratan de explicar la relación que existe entre la distancia del chorro de agua y la distancia a la que llega.
4. Qué utilizan para resolver el problema.
Utilizan vasos desechables, Agua, Chinchas para hacer orificios y el Dispositivo Móvil (Aplicación del sistema y la cámara).
5. Qué disposición muestran para trabajar.
Presentan una muy buena disposición para trabajar, de manera colaborativa e interactiva, rápidamente se organizan para que uno de los integrantes realice los experimentos, otro ayude y/o utilice en dispositivo móvil.
Desde el inicio muestran gran interés por utilizar la aplicación y tienen ansia de utilizar el dispositivo móvil.
6. La aplicación les permitió.
Se observaron las siguientes ventajas de la utilización de la aplicación en un dispositivo móvil:
- *Los dispositivos móviles permitieron la interacción instantánea entre alumno-profesor.*
 - *Los alumnos midieron directamente en el dispositivo durante la actividad.*
 - *Los dispositivos móviles facilitaron el aprendizaje exploratorio, el aprender sobre marcha, explorando, experimentando y aplicando a la vez que se aprende en la actividad.*
 - *Ayuda a los estudiantes a mejorar sus capacidades para leer, escribir, calcular y reconocer sus capacidades existentes.*
7. ¿Qué utilizan para resolver la actividad?
Utilizan la aplicación, desde la toma de fotografías, la medición y la graficación.

Fig. 7 Revisión de la usabilidad del sistema móvil

9. Conclusión

En esta primera fase de la investigación que se ha desarrollado y que se muestra en el presente artículo se ve la importancia del uso del *Cómputo Móvil* en la Educación, en específico en la *Matemática Educativa*, ya que en la actualidad los jóvenes estudiantes tienen acceso a una cultura móvil, por lo que la aplicación diseñada y las actividades formuladas, mostradas en este artículo, se encaminaron a emplear lo que el estudiante conoce. Por otro lado el diseño de la aplicación y las actividades propuestas, tuvieron por objetivo, trabajar las deficiencias encontradas en los estudiantes de primer semestre de universidad, como resultado del cuestionario diagnóstico aplicado, en donde al contrastarlas con la literatura se encontró gran semejanza, ya que los alumnos prefieren resolver cuestiones algorítmicas a situaciones en donde se involucre el concepto de función de forma más real.

El impacto que tuvo el trabajar con dispositivos móviles fue que al estudiante le permitió resolver la actividad empleando la aplicación instalada en sus celulares en distinto momentos de su resolución, como el dibujar el plano cartesiano y la gráfica que correspondía a una parábola del chorro de agua que se producía, pero esto se logró gracias a que los estudiantes filmaron un video cuando el recipiente de agua era vaciado por el orificio hecho en él.

La usabilidad de sus celulares fue un aspecto fundamental, así como la portabilidad de éstos.

El impacto del cómputo móvil que se evaluó fue la parte de usabilidad en M- Learning y se encontró lo siguiente: Después de haber trabajado con las actividades y la aplicación diseñada se realizó un cuestionario d sobre la usabilidad y se encontró que los estudiantes lograron desarrollar diferentes habilidades como la de reflexión, comunicación, descubrimiento.

En relación al aprendizaje que se tuvo, éste fue más significativo, no fue mecánico.

Se considera que la aportación del Cómputo Móvil consistió en un desarrollo integral del estudiante y en lograr un aprendizaje que no está basado en la memoria.

10. Referencias

- Artigue, M. (1995). La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. *En: Ingeniería Didáctica en educación matemática: Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas.* (Eds.) M. Artigue, R Douday, L. Moreno y P. Gómez. Grupo Editorial Iberoamérica, México, pp. 97-140.
- Artigue, M. (2001). PRESENTATION Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual Work. *En CAME Symposium 2001:* (págs. 1-16).
- Andresen, M. (2007). Understanding of “Modelling. *CERME 5:Group 13. Applications and Modelling,* (págs. 2042-2049). Larnaca. Obtenido de http://www.academia.edu/1367475/Understanding_of_Modelling_.Da_nish_University_of_Education.

- Bertrand, D., Chuantao, Y., & René, C. (2008). Contextual Mobile Learning for repairing Industrial Machine: System Architecture and Development Porcess. *Journal on Emerging Technnologies in Learning*.
- Bowers, J y Doerr, H. (2001). "An analysis of prospective teachers' dual roles in understanding the mathematics of change: electing growth with technology". *Journal of Mathematics Teacher Education*. Vol 4. Issue 2. pp 115-137.
- De la peña, J. A. (2004). *Algunos Problemas de la Dducación en Matemáticas en México* (segunda ed.). México, México: Siglo XXI.
- Dickinson, P., & Hough, S. (2012). *Using Realistic Mathematics Education in UK classrooms*. Penny Nicholson.
- Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Science Cognitives*, 5,37-65. Traducción: Registros de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento. Hitt, E. (Ed.) *Investigaciones en Matemática Educativa II*, 173-201. México: Grupo Editorial Iberoamérica.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berna: Peter Lang.
- Duval, R. (2006a). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131.
- Duval, R. (2006b). Un tema crucial en la educación matemática: La habilidad para cambiar el registro de representación. *La gaceta de la RSME*, 9(1), 143-168
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting Mathematics Education. China Lectures*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Goldin, G. y Janvier, C. (1998). Representacion and the psychology of mathematics education. *Journal of Mathematics Behaviour*, 17 (1), 1-4.
- Gravemeijer, K., & Doorman, M. (2000). CONTEXT PROBLEMS IN REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION: A CALCULUS COURSE AS AN EXAMPLE. *Educational Studies in Mathematics*, 111-129.
- Harel, G., & Dubinsky, E. (1992). The concept of function: Aspects of epistemology and pedagogy. *Mathematical Association of America Notes*(25), 85-106.
- IPN. (2009). Plan y Programa de Estudios de Cálculo. México.
- Johnson, A., Levine, R., Smith, R., and Stone, S (2012). *The 2012 Horizon Report*, Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kalman, J. (5 Junio 2012). "Educación a debate. Primer portal periodístico sobre laeducación en México". [En línea]. Available:

- <http://educacionadebate.org/36993/las-tic-y-la-transformacion-de-la-educacion/>. [Último acceso: Mayo 2013].
- Kurkovsky, S. (9 de mar de 2012). Integrating mobile culture into computing education. *Integrated STEM Education Conference (ISEC) IEEE*, 1 - 4.
- Leung and Y.Y. Chan, (2003). "Mobile Learning: A New Paradigm", in ICALT, pp. 76-80.
- Monk, G (1992). *A Study of Calculus Students' Constructions of Functional Situations: The Case of the Shadow Problem*. American Ed. Research Association, San Francisco, 1992.
- Morales S., S. (2014). Perfeccionamiento docente virtual, una experiencia con tutores/as. *Perfiles Educativos*, 180-194.
- Neuman, D. (2014). Qualitative research in educational communications and technology: a brief introduction to principles and procedures. *Journal of Computing in Higher Education*, 69-86.
- Oliveros, J. (1999). *El estudio de la tasa de cambio instantánea en el entendimiento de la derivada situado en el salón de clases* Tesis Doctoral no publicada. , CINVESTAV IPN, 1999.
- Pérez, S y Pérez, M (2007). «Repositorio Digital IPN,» [En línea]. Available: http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2475/134_-_134-PC3A9rezVeraSandraMercedes.pdf?sequence=1. [Último acceso: 1 mayo 2013]
- Radford, L. (2006a). Semiótica y educación matemática: introducción. *Relime*, Número Especial 1, 7-22.
- Radford, L (2006b). Elementos de una teoría cultural de la objetivación. *Relime*, Número Especial 1, 103-129.
- Radford, L. y André, M. (2009). Cerebro, cognición y matemáticas. *Relime*, 12(2), 215-250. Rico, L. (1997). Bases Teóricas
- Rasmusen, C., & King, K. (2000). Locating starting points in differential equations: a realistic mathematics education approach. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 31(2), 161 - 172.