

## **“M-LEARNING EN CIENCIA” - INTRODUCCIÓN DE APRENDIZAJE MÓVIL EN FÍSICA**

(“M-LEARNING IN SCIENCE” - INTRODUCTION OF MOBILE LEARNING IN PHYSICS)

Alejandro Pisanty

Larisa Enríquez

Lorea Chaos-Cador

Mario García Burgos

*Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM (México)*

### **RESUMEN**

El proyecto “m-learning en Ciencia” fue planteado por los autores para proveer un modelo anticipado de lo que puede ser el “aprendizaje móvil” o “m-learning” con dispositivos móviles de alta capacidad de cómputo, comunicación y representación rica de la realidad. Para ello se utilizaron computadoras portátiles, dispositivos de posicionamiento geoespacial (GPS), cámaras digitales y otros equipos útiles en actividades de aprendizaje de la física en condiciones de alta movilidad espacial de los estudiantes. Los estudiantes utilizaron los equipos para realizar mediciones durante diversos desplazamientos, capturar los datos medidos, procesarlos, y comunicar sus elaboraciones sobre los mismos. Los equipamientos se utilizaron como modelos de las capacidades que se prevé tengan equipos manuales o de bolsillo en muy pocos años. El proyecto descansa en un sistema de educación a distancia basado en un LCMS en el que se proveen contenidos educativos y mecanismos de comunicación e interacción entre los participantes del proyecto para que los estudiantes lleven a cabo sus actividades en forma colaborativa. El trabajo permitió a los estudiantes y profesores adquirir aprendizajes en contextos externos a los laboratorios y aulas que resultaron vívidos, asimilables, y a la vez efectivos, y un grupo de objetos de aprendizaje susceptibles de reutilización en diversos contextos.

**Palabras clave:** aprendizaje móvil, objetos de aprendizaje, LCMS.

### **ABSTRACT**

The “m-learning in Science” Project was put forward as a model for forthcoming mobile learning or “m-learning” using devices endowed with high computing power, fast telecommunications, and rich representation of reality. We used portable computers, geospatial positioning devices (GPS), digital

cameras and other equipment, in activities for learning Physics in high-mobility conditions of our students. The students used the devices to make measurements during their travel on campus and in the city, capture measured data, process and analyze the data, and communicate these results. The devices were used as models of the expected capabilities of future lightweight, pocket or handheld devices. The project also rests on an LCMS which provides educational contents and means for communication and interaction among project participants, so that the students can work collaboratively. This work allowed students and instructors to acquire novel learning in a context lying outside conventional laboratory settings and classrooms, which were vivid, easy to assimilate, and effective. It also produced a set of learning objects which can be easily reutilized in a variety of contexts.

**Keywords:** mobile learning, learning objects, LCMS.

En los últimos años, hemos visto cómo el desarrollo y la evolución de las tecnologías de información y comunicación (TIC) ha llevado a grandes avances en cómputo e Internet móviles, que se manifiestan en lo que se refiere a la portabilidad de la información, el acceso permanente a Internet, la convergencia de medios electrónicos (dispositivos manuales para distintos propósitos, teléfonos móviles y computadoras altamente portátiles). Dicho desarrollo ha modificado los esquemas de trabajo, donde los profesionistas trasladan su oficina de trabajo prácticamente a cualquier lugar; llevando consigo documentos, oficios, catálogos de productos, presupuestos e incluso aplicaciones específicas que permiten agilizar el levantamiento de necesidades y datos, resultado de una visita a algún cliente en particular, de un viaje de negocios o de una reunión de trabajo. Peters (2007) menciona que estamos viviendo la primera generación de TIC verdaderamente portátiles a partir del surgimiento de dispositivos móviles que proveen servicios de telefonía, acceso a Internet, bancos de datos, memorias extraíbles, y aplicaciones para procesar textos, hojas de cálculo y medios y procedimientos muy diversos para transferir información.

Es de tal importancia y alcance la capacidad de cómputo y acceso a Internet en condiciones de movilidad, que se han creado categorías como "cómputo ubicuo" y "ubicuidad". Si bien la realidad no corresponde plenamente a esta "ubicuidad" de la capacidad de cómputo y el acceso a Internet, sí están creciendo aceleradamente la cobertura y la velocidad del acceso inalámbrico a las redes por diversos medios tecnológicos. Las zonas de cobertura de las redes se amplían constantemente, en particular en ámbitos urbanos. También, aunque de manera no uniforme, se observa una mejora constante en la anchura de banda y la estabilidad de las conexiones. Asimismo, e igualmente de manera diversa, los costos de acceso a estas redes por parte de la población en general disminuyen a tal nivel que ponen no sólo la comunicación

básica (voz y mensajes de texto corto) sino también el acceso a Internet al alcance de un amplio espectro socioeconómico de la población.

Especialmente entre los jóvenes, el dominio de la tecnología de información y comunicación, el hábito de usarla para fines crecientemente diversos, y el establecimiento de prácticas sociales ha hecho muy atractivo para las instituciones educativas producir contenidos y estimular actividades basadas en la ubicuidad de la red y adaptadas a la movilidad de la población actual.

No está de más observar, por último, que eventos que afectan simultáneamente a una proporción elevada de la población, como desastres naturales y epidemias, obligarán a que todo tipo de organizaciones -grandes y pequeñas, públicas y privadas, locales y globales, lucrativas y no lucrativas- cuenten con la capacidad de mantenerse en funcionamiento aún cuando sus miembros no puedan tener acceso a sus instalaciones físicas. De allí que las instituciones de educación superior tengan obligación de introducir en sus actividades prácticas que anticipen las que los estudiantes pueden enfrentar, a su egreso, en otras entidades, e incluso anticipar y transponer estas prácticas a organizaciones que no las hayan instituido.

De esta manera, el modelo de trabajo que se puede prever para un futuro no lejano, y que ya está en marcha en organizaciones avanzadas en este campo, es uno en que los individuos realizarán gran parte de sus actividades indistintamente de que ello ocurra en una oficina o espacio de trabajo fijo, en el hogar, o en espacios de terceros, como pueden ser las instalaciones de clientes y de asociados de negocios del empleador, y en transportes como autobuses, ferrocarriles y aviones. El trabajo se basará en parte en una plataforma y una actividad en el sitio donde se encuentra el individuo y en parte en información residente tanto en un lugar fijo de la organización como en otras, incluyendo Internet. En un número creciente de casos el sitio de residencia de la información estará virtualizado en un espacio disperso bajo un modelo de “cloud computing” (modelo actualmente en evolución, de cómputo distribuido, “software como servicio”, e interfase única en Web para diversas tareas). El trabajo, además, será altamente colaborativo.

En el campo de la educación, este modelo de trabajo representa la posibilidad de extender las actividades de aprendizaje – no sólo el estudio sino la experimentación y la interacción entre personas - más allá del aula, la biblioteca o el laboratorio. Los

dispositivos móviles y las redes inalámbricas con las que hoy contamos ofrecen la posibilidad de construir esquemas flexibles de educación, tanto en tiempo como en espacio, permitiendo además contar con alternativas de comunicación (síncrona y asíncrona, grupal y/o individual). Como comentan Peters y Lloyd (2003), a partir de estas tecnologías móviles, las personas esperan contar con programas de formación y capacitación que puedan distribuirse y administrarse más allá del aula tradicional. Para este modelo de educación basado en tecnologías y dispositivos móviles existe un término de uso corriente, “m-learning”, que en español puede ser llamado “aprendizaje móvil” o, también, “educación móvil”, aunque con algún sacrificio en el atractivo y la memorabilidad del término (los primeros documentos donde se encuentra la acuñación del término pertenecen a Quinn, 2000).

El m-learning (o la educación móvil) tiene sus orígenes en los finales de la década de los '90. En esta época el uso de las agendas electrónicas en educación se visualizaba ya como una realidad. La iniciativa PEP (Palm Education Pioneers Project, <http://palmgrants.sri.com>) en el año 2000 invitó a profesores de los Estados Unidos a participar en un concurso para desarrollar proyectos de apoyo a la enseñanza, basados en agendas personales electrónicas. El resultado fue la realización de más de 90 proyectos financiados. Estos abarcaban una amplia variedad de temas y grupos de enfoque, desde aplicaciones diseñadas para niños de primaria para la recolección de datos de comunidades de especies, hasta materiales educativos de ayuda para facilitar la transición a estudiantes de secundaria a preparatoria.

Asimismo, en Europa en el año 2001 estaba arrancando el proyecto M-learning (<http://www.m-learning.org/archive/index.shtml>) el cual inició con la intención de apoyar a jóvenes que habían abandonado los estudios para mejorar habilidades matemáticas y de lectura, mismas que les fueran útiles en su vida en general e impulsar así el desarrollo de materiales abiertos para la educación para toda la vida. Hoy en día este programa sigue vigente y se ha extendido a otros grupos interesados en recibir educación no formal, tales como adultos mayores, adolescentes embarazadas, y adultos desempleados.

A partir de entonces, el término m-learning ha cobrado mucho más fuerza y las aplicaciones y experiencias en el uso de dispositivos móviles se extienden a una gama enorme de niveles, tipos y actividades de educación, misma que se deduce de aquellas categorías descritas por Traxler (2007): educación a distancia, escolarizada, educación

informal, formal, abierta, rural; y a un sinnúmero de modelos educativos (solución de problemas, educación situada, educación flexible, desarrollo de habilidades y competencias; por mencionar algunos que describen Watson y White, 2006).

Naismith et al. (Futurelab, [http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/lit\\_reviews/Mobile\\_Review.pdf](http://www.futurelab.org.uk/resources/documents/lit_reviews/Mobile_Review.pdf)) llevaron a cabo una revisión de la literatura sobre las aplicaciones de la tecnología de comunicaciones móviles para el aprendizaje. El informe de Naismith et al. hace, además, contribuciones analíticas importantes que nos permiten situar nuestro trabajo en el contexto de tendencias mundiales de aprendizaje móvil.

En primer lugar, el análisis de Naismith y colaboradores clasifica el tipo de actividades que es posible realizar con estas tecnologías al aplicarlas como facilitadoras del aprendizaje. Los autores clasifican las actividades en conductistas, constructivistas, situadas, colaborativas, de aprendizaje informal y a lo largo de la vida, y de apoyo al aprendizaje y a la enseñanza.

En el trabajo que aquí se presenta, estas categorías se reflejan como sigue:

- Conductistas. Si bien no cuenta con un diseño formal de corte skinneriano, el cual tendría mecanismos automatizados de estímulo-respuesta para la retroalimentación inmediata de actividades fundamentalmente conductuales, nuestro trabajo induce de manera supervisada la realización de actividades de observación, medición y presentación gráfica de resultados, que obedecen ante todo a un imperativo de dominio de habilidades perceptuales y manuales que puede ser analizado mediante un filtro conductista. Estas habilidades son individuales más que grupales, colectivas o sociales, si bien obtienen un refuerzo por la crítica y colaboración entre pares.
- Constructivistas, entendidas en breve como actividades en las cuales los alumnos construyen activamente nuevas ideas o nuevos conceptos, con base en su conocimiento previo y corriente. Ésta es la dimensión dominante del trabajo aquí presentado. Los alumnos salen de la ficticia y modélica realidad de los ejercicios de laboratorio y los problemas de libro de texto a enfrentar, solos o en grupo pero sin la dirección del maestro, la aprehensión de la realidad.
- Los conceptos como posición, trayectoria, velocidad, aceleración, e incluso algunos más básicos en los cursos de física como dirección y sentido del movimiento,

tienen que ser contruidos prácticamente de novo a partir de una base limitada. La apropiación de estos conceptos en el contexto de situaciones físicas fuera del aula se da a través de muchos más mecanismos de análisis de la realidad y su crítica hasta volverlos utilizables, con un alto grado de asimilación.

- Situado, actividades que promueven el aprendizaje dentro de un contexto y una cultura auténticos. Ésta es la segunda dimensión más significativa de la aplicación del aprendizaje móvil que construimos para este trabajo. Los alumnos realizan un análisis de la realidad cotidiana levantando el velo que se interpone tradicionalmente entre ésta y la abstracción de la misma en que se basan el aula y el libro de texto.
- En esta situación, los alumnos están aguda y sensorialmente conscientes de algunas variables, como la distancia recorrida en una trayectoria, o las diferencias de altitud entre puntos de la misma. Al realizar cálculos como el trabajo necesario para desplazarse de un punto a otro solamente por la diferencia de altura (gravitacional) y compararlo con el consumo de energía efectivamente requerido para el desplazamiento pueden apreciar las características de los sistemas de transporte y discutirlos en función de varias explicaciones complementarias: presencia de fuerzas irreversibles como la fricción, que produce disipación de energía; las irreversibilidades termodinámicas en los motores de combustión interna; y otras fuerzas y efectos.
- Las características de los sistemas de transporte a que se refiere el párrafo anterior incluyen los efectos de fuerzas disipativas como la fricción, la irreversibilidad termodinámica manifiesta en los motores, y otra larga lista de condiciones que los alejan de los modelos mecánicos ideales de mecánica de las partículas en que se basan los textos introductorios de física. El análisis permite también apreciar el valor de las aproximaciones y simplificaciones en física, su carácter de sistemas "límite", y la riqueza de formas en que las idealizaciones pueden ser corregidas mediante una buena selección de aproximaciones sucesivas a modelos más realistas.
- Este análisis es enriquecedor para el alumno, debe realizarse siempre, y resulta especialmente valioso en un contexto de contraste inmediato entre las diversas expectativas originadas por la intuición, los cursos anteriores, los trabajos de laboratorio con modelos simplificados, y las mediciones y cálculos realizados dentro del proyecto.
- Colaborativo, entendido como actividades que promueven el aprendizaje mediante la interacción social. En este rubro se alcanzan logros mediante la comunicación entre los alumnos en la construcción y ejecución de los experimentos y mediciones, y la colaboración para construir y comprender el tratamiento matemático de los

mismos. De esta discusión surge la conceptualización a mayor profundidad. La colaboración se da en línea tanto como en forma presencial, como es propio de un modelo “blended” (o “mixto”; el término en inglés es usual en la literatura de educación a distancia y por ello hemos decidido conservarlo).

- Informal y a lo largo de la vida. Nuestro proyecto está concentrado en aprendizaje escolar y curricular, y solamente provee algunas ocasiones de aprendizaje informal y lecciones muy generales que pueden ser aprovechadas a lo largo de la vida (mediciones, interacción en línea) al no ser el aprendizaje informal y a lo largo de la vida materia de nuestro enfoque.
- Apoyo al aprendizaje y la enseñanza. Naismith et al. refieren en este punto el uso de las tecnologías móviles a la coordinación de actividades de los alumnos y su registro, organización de los aprendizajes, etc. En el trabajo del que aquí se informa esta coordinada fue atendida en tanto que, en su trabajo en el campus de la UNAM, los alumnos podían mantener coordinación con los profesores, y esto se repitió para sus actividades fuera de las instalaciones, básicamente en puntos de conexión a Internet fijos en sus hogares o en cibercafés.

Otro enfoque de importancia para comprender, ubicar, modelar y dirigir la evolución de proyectos de tecnología móvil es el provisto por YJ Song. Song hace un análisis de 73 artículos e informes de investigación en revistas académicas y técnicas, 38 artículos en anales de conferencias, y 12 capítulos de libros, todo ello acerca de aplicaciones educativas en dispositivos de mano.

De este análisis, Song extrae una clasificación de los usos de los dispositivos de mano en educación, con base en seis categorías, cada una de las cuales tiene además un número diverso de subcategorías (de 0 a 6). El enfoque de Song difiere del de Naismith significativamente en que no se concentra tanto en las actividades educativas y tipos de aprendizaje que se pueden observar en los párrafos anteriores, sino estrictamente en el modo en que se usan los dispositivos.

Así, para Song el uso “administrativo- trabajo de administración” ocupa un lugar en la clasificación independientemente de que aparezca en educación continua y a lo largo de la vida o en cualquiera otra categoría de las analizadas por Naismith.

Song provee un esquema de gran utilidad que se presenta en forma tabular. En esta contribución hemos decidido presentar fielmente (traducida al español) la

clasificación de Song, añadiendo una columna indicativa de cómo se manifiestan cada categoría y subcategoría de Song en la investigación realizada.

Cabe mencionar que hemos elegido traducir “information management” como “manejo” para contar con un solo término que dé lugar a las dos traducciones posibles, y que variarían según el contexto, a saber “administración” y “procesamiento” de la información.

A guisa de ilustración, dado que esperamos que la tabla esencialmente se explique por sí sola, decimos que la categoría y subcategoría “Búsqueda y manejo de la información – manejo de información” se manifiesta ampliamente en nuestro trabajo, ya que nuestros alumnos debieron procesar los datos obtenidos en sus mediciones, realizar análisis y ajustes estadísticos de los mismos y ajustar diversos modelos matemáticos, tomados a su vez de modelos físicos, a esos datos.

En cambio, registramos en “Educativa – Sistemas de comunicación de aula” que no se utilizaron sistemas de comunicación de aula; el trabajo realizado en aulas presenciales se basó en comunicación oral, o en los mismos medios de comunicación que se utilizaron fuera de aula (acceso al LMS, correo electrónico, mensajería instantánea) sin la introducción de un sistema deliberado y estructurado como podrían haberlo sido sistemas de respuesta a preguntas o exámenes mediante dispositivos de botones o mediante interfases computacionales. Ello no se estimó necesario, y por lo tanto hubiera introducido costos económicos y de tiempo de desarrollo, instalación, asimilación y capacitación innecesarios.



CATEGORÍAS	SUB-CATEGORÍAS	CARACTERÍSTICAS	EN ESTA INVESTIGACIÓN
Educativa	“Push” (envío)	Comunicación de una o de dos vías entre estudiantes, o entre estudiantes y maestro, que se lleva a cabo mediante dispositivos de mano.	Avisos a los estudiantes.
	Mensajería		Avisos a los estudiantes y comunicaciones entre ellos.
	Respuesta y retroalimentación		Estudiante-estudiante y estudiante-instructor.
	Intercambio de archivos		Estudiante-estudiante y estudiante-instructor; principalmente: • resultados de capturas (formatos “tablet”) • informes de prácticas y actividades realizadas dentro del sistema LMS
	Publicación (“posting”)		Anuncios a los estudiantes; resultados en portafolios.
Administración	Sistemas de comunicación de aula	No se utilizaron.	No se utilizaron.
	Administración personal	Arreglos personales para diversas tareas de aprendizaje y sociales o trabajo administrativo, en términos de administración de evaluaciones mediante	Mínima, voluntaria, acorde a iniciativa de cada alumno.
	Trabajo administrativo	Información que se “baja” (alimenta desde la red u otros dispositivos) y almacena en dispositivos de mano, o a la que se accede en Internet mediante dispositivos de mano.	Coordinación entre instructores y el equipo técnico.
	Referencias	Referencias	Ampliamente utilizada.
Búsqueda y manejo de información	Revisiones/reescrituras	Ampliamente utilizada en equipos de alumnos.	Ampliamente utilizada.
	Manejo de información		Ampliamente utilizada: manejo de información obtenida en fuentes Web, y procesamiento de datos propios resultantes de mediciones y sus análisis.

<p>Juegos y simulaciones</p>	<p>Comprensión de los conceptos.                  Desarrollo de la intuición.                  Verificación de cálculos en situaciones específicas.                  [N.B.: estos conceptos son aportación de los autores y no figuran en la tabulación original de Song.]</p>	<p>Provisión de modelos de situaciones del mundo real en dispositivos de mano para que los aprendientes construyan su conocimiento a través de participación activa en actividades de aprendizaje.</p>	<p>Simulaciones, principalmente basadas en Java, tanto públicamente disponibles como realizadas específicamente para este curso.                  Ampliamente usado por los alumnos en forma individual con guía del instructor.                  Ampliamente utilizado por los alumnos para verificar resultados.</p>
<p>Recolección de datos</p>		<p>Uso de dispositivos de mano para registrar y transmitir datos, usualmente en trabajo de campo o en ciertos medios ambientales.</p>	<p>Ampliamente utilizado; constituye uno de los ejes del proyecto. Captura de mediciones realizadas en campo durante recorridos hogar-escuela y en recorridos del campus para estos levantamientos.                  Toma de fotografías para extraer datos cuantitativos de las mismas (uso de la fotografía como técnica de medición espacial; por lo tanto conlleva también aprendizaje sobre escalas y métricas).</p>
<p>Conciencia del contexto</p>	<p>Personalización                  Conciencia de contexto activa                  Conciencia de contexto pasiva</p>	<p>Sistema que usa información del contexto para proveer información y/o servicios relevantes al usuario dependiendo de las tareas del usuario.</p>	<p>Utilizada ampliamente; cada alumno configura la computadora que tiene asignada.                  No se utilizó.                  Mínimamente utilizada: mapas. La cartografía de la Ciudad de México disponible en línea en el período del experimento no era utilizable.</p>

Una revisión más reciente del campo, enfocada a la educación superior, se encuentra en el libro de T. Wilen-Daugenti, “.edu – Technology and Learning Environments in Higher Education”, Peter Lang, N. York, 2009, pags. 23-33 y *passim*.

En educación superior encontramos diversos ejemplos de aplicaciones del m-learning, siendo probablemente el podcast una de las más utilizadas. Con los fines de crear, desde acervos de audio y video para ser consultados por la comunidad estudiantil, hasta para el uso en estrategias de mejoramiento de habilidades orales u optimización del tiempo de tutorías y ayuda al estudiante, se ha recurrido a este tipo de materiales que pueden descargarse en laptops, celulares y reproductores cuya amplia utilización ha convertido en genérico el nombre de marca “iPod” para garantizar su portabilidad y acceso constante (IDG Global Solutions, 2006).

Encontramos otras aplicaciones con el uso de la mensajería que ofrecen los teléfonos celulares (SMS), donde se extienden los servicios de asesoría, trabajo en equipo y avisos académico-administrativos (Brown, 2003). En el uso de teléfonos móviles, las tecnologías que permiten acceso a Internet desde cualquier lugar (dentro del alcance de la red celular) tienen una efectividad mucho mayor que los mensajes SMS por la brevedad de éstos, limitada a 140 caracteres.

Conviene mencionar en este punto una extensión del uso de SMS que ha adquirido gran velocidad en los últimos meses: Twitter. Este servicio consiste en mensajes muy cortos (SMS menos 20, 120 caracteres, pues se reservan 20 para el nombre del destinatario) que se envían entre usuarios registrados y se hacen públicos. Los usuarios pueden enviar sus mensajes mediante SMS o desde interfaces Web. Se menciona por completez, ya que el servicio no estaba en uso cuando realizamos la parte experimental del trabajo que aquí se refiere.

Twitter puede ser un medio cuasi-síncrono con un uso efectivo en educación. No se puede utilizar para transmitir contenido denso, como una conferencia completa, pero sí para indicar avances, coordinar esfuerzos colectivos, y mantener un alto nivel de atención emotiva a los sucesos.

No se omite desde luego la importancia de los SMS porque son un medio de comunicación que se puede utilizar para muy diversas aplicaciones, principalmente el envío de avisos (unidireccional en un sentido centro-periferia, de la institución a los alumnos) y la coordinación horizontal entre los alumnos, la cual se da con o sin intervención de la institución. Sin embargo puede ser recomendable que al menos parte de esta comunicación tenga un formato que la institución vigile o estimule.

Además, el desarrollo de contenidos digitales para ser consultados por parte de los estudiantes, se ha extendido tanto para las agendas personales teléfonos móviles o celulares y otros dispositivos manuales o de bolsillo en esquemas de tutoriales, como en formatos de objetos de aprendizaje más complejos y organizados, clasificados, almacenados y puestos en disponibilidad en un esquema formal y completo de objetos apegado a estándares.

Todos estos ejemplos, si bien aprovechan las características de la tecnología móvil para impulsar la ubicuidad de los eventos de aprendizaje, en realidad son ejemplos de la educación en línea (o e-learning) que se han extendido a ser distribuidos en otros formatos o resoluciones. Sin embargo, ¿qué más se puede hacer para emplear las tecnologías móviles, como infraestructura innovadora en distintos modelos de educación?

## **M-LEARNING EN LA CIENCIA**

El proyecto "M-learning en la ciencia" fue seleccionado por la empresa Hewlett Packard para formar parte de su programa "Tecnología para la enseñanza superior 2006". Seleccionado entre 17 universidades latinoamericanas invitadas para presentar propuestas, fue planteado para proveer un modelo anticipado de lo que puede ser el "aprendizaje móvil" o "m-learning" con dispositivos móviles de alta capacidad de cómputo, comunicación y representación rica de la realidad [[http://www.hp.com/hpinfo/grants/us/programs/tech\\_teaching/hied\\_global\\_la.html](http://www.hp.com/hpinfo/grants/us/programs/tech_teaching/hied_global_la.html)]

Nuestra visión en este proyecto parte de una hipótesis audaz que esperamos llegue a cumplirse en la sociedad en un plazo no excesivamente largo: en la sociedad de la información y en la sociedad del conocimiento, todo momento es potencialmente una oportunidad de aprendizaje, y la mayoría de estas oportunidades son aprovechadas. Los aprendizajes son rigurosos, combinan la adquisición de información y su interpretación, conectan con la afectividad al menos en tanto que entusiasmo por encontrar y usar el aprendizaje posible, y se producen en un contexto de colaboración y socialización.

Así, los aprendizajes de nuestra utopía son asimilados destruyendo las barreras artificiales entre escuela y realidad, entre aprendizajes escolarizados, formulaicos, memorísticos, formalistas, y la asimilación de los hechos de la realidad a través del conocimiento científico. En esta visión ideal, aplicada al caso particular de la física, rebasamos la lamentable realidad actual.

La realidad actual es una en la que un alumno universitario es competente en la escuela en física newtoniana, e incluso relativista y cuántica, para la resolución de problemas y ejecución de diversos cálculos, pero firmemente anclado en la teoría del ímpetu en su análisis de la realidad tangible y cotidiana. El mismo estudiante que calcula eficazmente la estructura de un edificio, la trayectoria de un objeto en movimiento, o incluso quizás los estados de energía de una molécula o la compresión del tiempo para un objeto que se mueve a velocidades cercanas a las de la luz, sigue dependiendo de Aristóteles para colgar una piñata o explicar cómo descender de un autobús en movimiento – y traza la trayectoria de un personaje de dibujos animados con una concepción que no ha asimilado los cambios producidos por Galileo y Newton, no se diga ya Schroedinger o Einstein, en la ciencia de los últimos cinco siglos.

Nuestra propuesta aborda este problema directamente mediante medios tecnológicos y buenas prácticas de uso de las tecnologías de información, de la educación a distancia, el e-learning y en particular el “blended learning” integradas como m-learning. Crea una condición para el aprendizaje situado y estimula y dirige al estudiante hacia el mismo, mediante instrumentos cuyo uso debe ser dominado y por lo tanto contribuye también en este aspecto.

Nuestra propuesta convierte al estudiante en un observador consciente, cuantitativo y racional de su realidad. Una vez que el estudiante captura los datos de esta realidad (por ejemplo, posiciones geográficas exactas de la trayectoria que recorre al trasladarse de la casa a la escuela, descontando una incertidumbre en altitud de aproximadamente  $\pm 5m$ , mayor que en las posiciones horizontales), empieza a modelarla (en el ejemplo, traza la trayectoria en el mapa, contando además las altitudes de los puntos y no sólo el trazo bidimensional en el plano, o bien obtiene la trayectoria directamente del dispositivo GPS), ajusta algunas curvas, calcula diferencias de energía y con ello el trabajo y consumo de energía mínimo que su desplazamiento requiere, y pasa, en cuanto está en presencia de telecomunicaciones adecuadas, a dejar público registro de su trabajo y a comunicarlo.

En la siguiente etapa de trabajo, nuestro estudiante colabora en línea y presencialmente con sus compañeros y profesores, reinterpreta la información, somete a crítica sus modelos y cálculos, y se encuentra obligado a elaborar sus ideas con mayor profundidad. En esta etapa, entonces, cumple con los mandatos modernos de la educación para que el aprendizaje sea social, y con la vieja máxima de Foucault que sintéticamente dice “en ciencia no se mide para pensar, sino que se piensa para medir”, es decir, teoriza, en lugar de intentar extraer sentido de una colección de datos amorfa y sin estructura.

Finalmente, el estudiante deja huella de su trabajo en el portafolio electrónico, mediante el cual sus propios compañeros y su maestro pueden evaluar su avance y comprensión de lo que ha hecho, estimularlo en formas específicas, en su caso producir una calificación para la escuela, y reiniciar el ciclo de producción de conocimiento.

Al realizar el trabajo objeto de este artículo en 2006, estimamos necesario llevar a cabo las actividades de “vivir la física” en condiciones de movilidad pero no con los equipos móviles de tamaño manual disponibles en la época, ya que ni ellos ni inclusive los disponibles en 2009 facilitarían suficientemente las actividades de los alumnos. Optamos por simular las capacidades que tendrán equipos más avanzados en pocos años mediante equipos menos manuales pero más poderosos computacionalmente, y con interfaces más prácticas y amigables que las pequeñas pantallas de los teléfonos móviles, PDAs, etc. Igualmente hubiéramos deseado contar con una cobertura de red disponible en toda el área urbana en la que habitan nuestros alumnos, pero esto no era materialmente posible a la sazón. Por ello restringimos la simulación de condiciones totales de ubicuidad (disponibilidad de capacidad de cómputo y de telecomunicaciones) al campus universitario y a los hogares de muchos de nuestros alumnos.

## MODELO

El modelo de educación objeto del presente trabajo tiene como características principales las siguientes:

Modelar el futuro de las aplicaciones educativas móviles altamente portátiles mediante equipos de mayor tamaño pero de poder de cómputo y comunicaciones similares a los previstos para el mercado de telecomunicaciones e Internet móvil/manual en los próximos años, y superiores a los disponibles en el momento en que se realizaron las actividades del proyecto. En términos llanos se trata de predecir las capacidades que tendrán los dispositivos de mano utilizando equipos como “laptops” y “tablets”, y de modelar las capacidades de las redes 3.5G, 4G y LTE aprovechando las redes de tecnología “WiFi” que operan en el campus universitario y diversos lugares públicos como cafés, restaurantes, cibercafés, y los propios hogares de algunos alumnos.

Al proceder de esta manera se concentró el trabajo en el desarrollo de contenidos, prácticas y actividades utilizando sistemas operativos y software de desarrollo

disponibles, en lugar de añadir la carga de producirlos para las restricciones de los equipos móviles actuales y para la enorme diversidad de sistemas operativos e interfases en que se basan. Asimismo, y como una decisión de diseño, se pudieron conservar algunas interfases importantes en despliegues amplios, ventajosos para la representación de información compleja, sin las restricciones de las pantallas pequeñas, de pocos espacios de texto y pocos píxeles, restricciones que es posible predecir se levanten progresivamente en pocos años, como ya ocurre con teclados plegables o que se pueden enrollar para su transporte, y con despliegues alternativos al monitor LCD de escritorio o computadora portátil, como los proyectores de muy bajo costo, volumen y peso.

Cabe añadir que el uso de “tablets” fue favorecido también por la interfase que permite usar la pantalla como medio para ingresar información y el software que permite que estas entradas se hagan con letra manuscrita para su posterior procesamiento. Los alumnos pueden elegir entre al ingreso de información y notas por medio de estos textos libres o mediante el teclado, según resulte más ventajoso para cada situación específica y dependiendo de sus habilidades con uno u otro instrumento y la eficiencia deseada. Además, en el caso del lenguaje matemático, resulta especialmente útil contar con la posibilidad de escribir directamente fórmulas y ecuaciones.

El modelo operativo contribuye a incentivar fuertemente a los alumnos participantes a utilizar el sistema computacional provisto en todo lugar posible y en todo momento disponible para crear y fortalecer aprendizajes: observar, medir, analizar, interpretar, reflexionar, compartir, colaborar, comunicar, y regresar al inicio del ciclo.

El modelo educativo es una extensión móvil y “blended” del tradicional en las asignaturas teórico-experimentales de la UNAM que busca manejar solamente la introducción de dos variables, la movilidad en las mediciones y determinaciones experimentales en lugar de concentrarlas en el laboratorio, y la interacción a distancia entre los alumnos fuera de clase, complementaria a la que tienen por su asistencia física al espacio escolar.

En consecuencia, el proyecto permite emplear una modalidad educativa semipresencial o “blended”, enfatizando para la parte a distancia, más allá del trabajo remoto en un sitio específico el trabajo ubicuo, haciendo uso de las redes inalámbricas y el uso de los dispositivos móviles descritos anteriormente. En otras palabras, el uso del cómputo móvil se dio en su aplicación como instrumento de

medición en campo y de registro de dichas mediciones, así como en su posterior procesamiento, comunicación y socialización.

La participación de alumnos y docentes en este proyecto impulsa por diseño el trabajo creativo y la capacidad de solucionar problemas por parte de los estudiantes, para lo cual se consideró trabajar en una asignatura del área de ciencias experimentales, misma que propiciara el trabajo en campo por parte de los estudiantes.

Utilizamos los dispositivos móviles para la comunicación entre los estudiantes y como un mecanismo de impulso al trabajo colectivo; en este aspecto de su utilización, y la interacción remota con profesores y asesores del curso, así como la utilización del LCMS ALUNAM, se da un proceso de educación a distancia mezclada con una porción de la tradicional educación presencial. .

Obtuvimos al final del curso, materiales educativos adaptados a condiciones de movilidad y susceptibles de reutilización para compartirlos con otros profesores y en otras carreras afines.

## **IMPLEMENTACIÓN**

En este proyecto se usaron 20 computadoras portátiles tipo "tablet", 5 cámaras digitales y 5 sistemas de posicionamiento geoespacial GPS, en dos grupos de alumnos del curso de mecánica vectorial de la Facultad de Ciencias de la UNAM. El curso de mecánica vectorial forma parte de las materias básicas de la carrera de física en la que el alumno aprende la Cinemática y Dinámica de los cuerpos en un nivel introductorio. Esta materia presenta contenidos y objetivos similares en las carreras de química e ingeniería de las Facultades de Química y de Ingeniería de la UNAM, respectivamente, y en muchas otras instituciones, por lo que se podrían aplicar dentro de ellas.

El curso en el cual se realizó la intervención aquí descrita se lleva a cabo de manera presencial con sesiones de clase descriptiva y con sesiones de laboratorio independientes (los grupos de laboratorio no están ligados a grupos de clase descriptiva o "teórica" de manera biunívoca). El aprendizaje móvil se introdujo en forma experimental como complemento a la clase teórica. Cada estudiante recibió una computadora portátil tipo "tablet"; los otros equipamientos fueron asignados a equipos formados por 4 estudiantes cada uno como máximo. La asignación del equipo "tablet" se dio de manera permanente en toda la duración del curso, para



todo uso lícito de los alumnos, con el objetivo de que se volviera un objeto de uso familiar y constante.

Adicionalmente se utilizó un sistema de aprendizaje en línea, ALUNAM, producido previamente por miembros de este mismo grupo de trabajo (García Burgos y Castañeda de León, 2005). ALUNAM es un LCMS (sistema de administración de contenido y aprendizaje) altamente modular, que permite representar contenido, actividades y simuladores matemáticos educativos en Internet.

Se consideró importante administrar y representar los contenidos de manera modular para permitir la mayor flexibilidad de aplicación en los currícula de las distintas Facultades, y su posible extensión posterior a otras escuelas y universidades. Estos contenidos fueron administrados como objetos de aprendizaje (López, 2005), capacidad con la que cuenta por diseño el sistema ALUNAM.

El uso del sistema de educación a distancia se manejó en un modelo tutorial y en un modelo de comunicación horizontal entre los alumnos, con la producción de un portafolio electrónico para cada alumno. Se organizó el acceso a los portafolios en un modelo grupal para cada equipo de trabajo y los tutores tuvieron acceso a todos los materiales depositados por los alumnos, con el objeto de registrar su avance y descubrir oportunidades de comunicación y de aprendizaje individuales que pudieran ser trasladadas al grupo en su conjunto, fuera mediante comunicación en línea, en clase presencial, o en ambos.

Los resultados a que se refiere este artículo fueron obtenidos en dos semestres en la Facultad de Ciencias de la UNAM, uno con alumnos “regulares” que enfrentaban por primera vez el contenido y otro formado en su mayoría con alumnos que ya habían cursado, sin aprobar, el mismo curso, de modo que si bien no habían demostrado su dominio del contenido ya estaban familiarizados al menos con el lenguaje descriptivo del mismo.

Los módulos que conformaron los cursos fueron:

- Cinemática
- Dinámica de una partícula
- Dinámica de un sistema de partículas
- Gravedad y oscilaciones

Para cada módulo del curso se construyó un módulo correspondiente del sistema en línea, con recursos educativos para hacer una revisión de la presentación teórica

de los conceptos estudiados en clase, y las indicaciones para llevar a cabo actividades experimentales conducentes al aprendizaje, en condiciones de movilidad externa al aula; se realizaron distintas actividades del programa de trabajo en concordancia con las limitaciones de tiempo de trabajo de algunos de los equipos. Para estas últimas actividades los alumnos construyeron proyectos completos de progresivamente mayor complejidad.

El primer módulo, cinemática, se orientó a reforzar los aprendizajes de la cinemática a través de un estudio cuantitativo de las trayectorias seguidas por los propios estudiantes en sus traslados diarios entre casa y escuela o algún trayecto de su interés. Utilizando el GPS los estudiantes hicieron una colecta de datos de su trayectoria.

Una vez realizada esta colecta de datos, los alumnos realizaron, en la propia computadora, análisis de los datos obtenidos por el GPS para determinar los tipos de movimiento de los tramos que la componen (por ejemplo, rectilíneo uniforme) y de allí estudiaron las relaciones entre variables como posición, tiempo, velocidad y aceleración. Para tramos seleccionados de las trayectorias se solicitó a los alumnos proyectar modelos matemáticos cuantitativos de las trayectorias recorridas.

Dichos modelos admiten en general descripciones algebraicas simples y son conocidos en los libros de texto. La actividad aquí descrita produce una conexión entre dichos modelos y textos con la realidad sensible y observable para el alumno donde observa que la trayectoria seguida se compone de varios movimientos simples. El módulo permitió desarrollar conocimientos de física, habilidades y conocimientos matemáticos, competencias para la resolución de problemas, y la capacidad de comunicación necesaria para hacer comprensible un informe de sus actividades. Se enfatizaron los aspectos vectoriales de las trayectorias debido a la importancia de las cantidades vectoriales que presenta el curso.

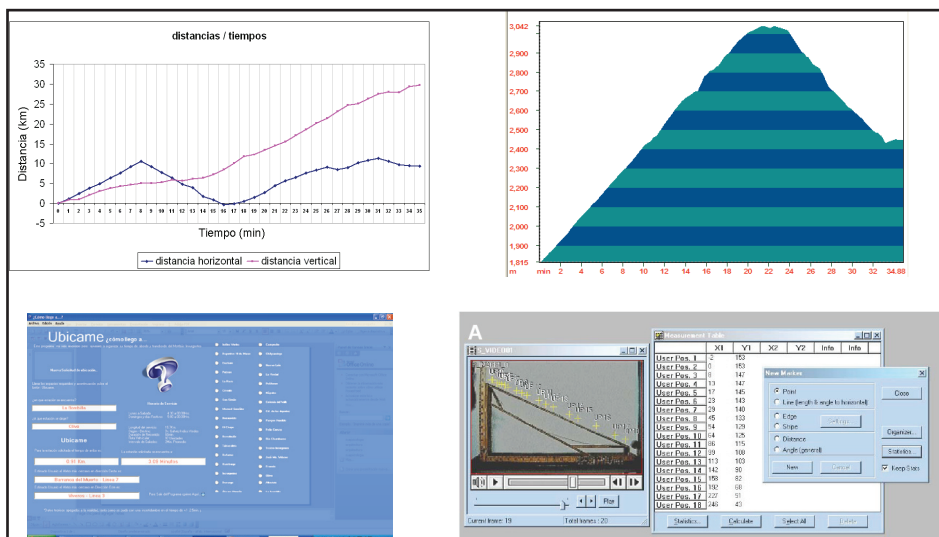
El segundo módulo (dinámica) fue implementado de manera similar. En éste los alumnos cubrieron conceptos como interacciones (fuerzas), trabajo, energía mecánica y leyes de conservación. Volviendo a sus resultados en exteriores, o desarrollando nuevos estudios de trayectorias, se pidió a los alumnos calcular cambios de energía gravitacional entre puntos de distintas altitudes en sus trayectorias, verificar la conservación de energía mecánica en algunos de esos tramos, y calcular las diferencias de energía, el trabajo realizado por los vehículos en que se transportan. Los cálculos que realizan los alumnos pueden dar lugar – descontando error experimental – a una aparente no conservación de energía. Esta discrepancia aparente se utiliza

para introducir al alumno a la discusión de sistemas abiertos, disipación de energía por fuerzas no conservativas como la fricción, etc. También se pidió a los alumnos que comprobaran la conservación de energía en experimentos relacionados con colisiones como el juego de billar entre otros. En este caso los alumnos diseñaron experimentos en los cuales filmaron el movimiento y para obtener datos y realizar el análisis correspondiente. El módulo tiene efectos educativos similares a los descritos en el párrafo anterior, con la diferencia de que pueden encontrar una causa.

Los proyectos realizados en los dos últimos módulos fueron los siguientes:

- La cinemática con el GPS
- Dinámica: Cálculos de energía mecánica
- Colisiones:
  - El juego de billar
  - La cuna de Newton
- Cálculo de trayecto más rápido en la línea del "Metrobús" (una de las modalidades de transporte público de la Ciudad de México)
- Calcular la diferencia entre la dinámica de partículas puntuales y la de cuerpos extendidos con y sin colisiones.

En la Figura 1 se muestran algunos resultados obtenidos por los alumnos en la forma en que los prepararon para su presentación.



En la experiencia de parte de los alumnos se observó que el desarrollo de los proyectos mencionados fueron satisfactorios aunque cada uno presentó diferentes retos y dificultades para los distintos estudiantes. Los efectos ventajosos que se observaron fueron:

- Aumento en la creatividad de los alumnos, observado a través de preguntas, muestras de interés y resultados de los trabajos, en comparación con experiencias anteriores y notas de una de las coautoras.
- Un compromiso mayor con la asignatura, de un 30% de los alumnos, en comparación con cursos teóricos impartidos por los instructores que no involucran una sección experimental móvil.
- Mejor entendimiento gráfico comparado con la impartición de cursos tradicionales ya que con los dispositivos y simulaciones utilizadas en las clases presenciales en el presente modelo permite que el alumno visualice al mismo tiempo el movimiento de un cuerpo con sus respectivas gráficas de posición vs tiempo, velocidad vs tiempo y aceleración vs tiempo, además de la trayectoria descrita por el cuerpo.
- Aumento de un 45% de los alumnos en el manejo de herramientas computacionales particularmente el uso de programas de graficación, edición de ecuaciones, hojas de cálculo, entre otros.
- Aplicación y uso de los conceptos en la realidad; se rompieron algunas barreras comunes que hacen que los alumnos vean como disjuntas la física que se enseña en la escuela y las observaciones e interpretaciones de la realidad, determinado en la dinámica docente y entrevistas informales en clase y fuera de ella.
- Aprendizaje del uso de nuevas y diversas tecnologías en el estudio de conceptos físicos en mecánica clásica, como el uso de un GPS en el movimiento, la toma de datos de una cámara de video, el análisis de datos, etc., y el uso de paquetería de computo para analizar los datos de forma gráfica y/o resolver ecuaciones .
- Reto de investigación por cuenta propia.
- Aprendizaje de herramientas necesarias de las diferentes disciplinas que requerían para lograr realizar los proyectos.
- Reconocimiento de limitaciones en las medidas .
- Uso adecuado de ajustes de las trayectorias obtenidas.
- Ser más cuidadosos en la toma de datos.
- Surgimiento de preguntas que no habían pensado antes de hacer el proyecto.
- Aprendizaje de cálculo numérico.

Los aprendizajes adquiridos por los alumnos fueron:

- Manejo y comprensión aceptable de contenidos teóricos del curso.
- Identificación de fenómenos que involucran situaciones de mecánica clásica.
- Acercamiento a la representación y solución matemática de la mecánica.
- Uso de computadora portátil y enlace a Internet como herramienta de trabajo.

La demostración de que la técnica utilizada sirvió se basa en la evidencia siguiente:

- Los proyectos se realizaron satisfactoriamente en parte de los alumnos.
- Una parte de cada grupo de alumnos mostró gran interés y motivación en el desarrollo del curso.
- Resolvieron situaciones experimentales en un ambiente externo para mejorar los resultados obtenidos.
- Algunos de los alumnos se vieron en la necesidad de acercarse más al profesor para resolver sus dudas, tanto para el manejo de los datos como conceptuales.
- La mayoría de los alumnos logró determinar los límites de validez y aproximación de sus resultados al hacer un análisis de error de sus mediciones. Si bien esto es práctica usual en los laboratorios participantes en este trabajo, la escala urbana del proyecto hace particularmente palpables las fuentes de error.
- Algunos de los estudiantes propusieron ideas para realizar diferentes tipos de experimentos, algunos viables y otros no. Discutir la viabilidad entre ellos y con los instructores les resultó instructivo en la planeación de mediciones y experimentos.

Al aplicar una evaluación de satisfacción a los estudiantes, se obtuvieron los siguientes resultados:

- 57% de los estudiantes identifican que la combinación de clases presenciales con clases a distancia fue buena mientras que el 43% restante opina que fue excelente.
- 28% de los estudiantes cree que no existe mucha flexibilidad en el diseño del curso mientras que el 72% piensa que sí.

- 100% de los alumnos identifica que el curso cumplió los objetivos establecidos.
- 72% valora la incorporación de las tecnologías para entender y atender problemas del mundo real.

## **OTROS RESULTADOS**

Como se comentó al inicio del presente documento, el proyecto contempló la posibilidad de crear objetos de aprendizaje que pudieran ser útiles para otros profesores. Las herramientas disponibles en ALUNAM para la creación de unidades de aprendizaje y el empaquetamiento de las mismas, atienden a este objetivo. De manera adicional, se añadieron funcionalidades para que dichos contenidos pudieran también descargarse en dispositivos celulares, impulsando también desde esta perspectiva, la movilidad y ubicuidad de contenidos.

A su vez, el uso de la plataforma ALUNAM permitió que los estudiantes realizaran más actividades de investigación en la red. Asimismo, el uso del foro de discusión provisto por la plataforma favoreció la comunicación con el profesor de forma personal, la comunicación con el grupo y el profesor, y facilitó mediante el uso de las tablets la entrega de tareas de los estudiantes y a la vez la entrega de éstas calificadas por el profesor.

Además, la implementación de actividades en línea mediante la plataforma fomentó en los estudiantes el uso de simulaciones hechas en java [Franco,2006], con las que ellos podían jugar cambiando parámetros para poder comprender mejor los contenidos teóricos que se requerían en los diferentes módulos, permitiendo que pudieran hacerlo desde cualquier lugar con conexión a la red.

## **VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS**

Estos resultados pueden entonces ser valorados con los principios expresados por Chickerton y Gamson (1987) quienes señalan que las buenas prácticas en educación superior:

- Promueven el contacto entre estudiantes y profesores.
- Desarrollan reciprocidad y cooperación entre estudiantes.
- Promueven el aprendizaje activo.

- Proveen retroalimentación prontamente.
- Enfatizan el tiempo dedicado a la tarea o actividad.
- Comunican expectativas altas.
- Respetan la diversidad en talentos y estilos de aprendizaje.

Estos principios son sometidos a revisión en una publicación reciente del Profesor Lev Gonick, una reconocida autoridad en el uso de tecnología de información en educación (Gonick, 2009 cit en Miller-Daugenti, 2009, pp. 148-176). Sin restar importancia a los siete principios enunciados por Chickerton y Gamson, que tuvieron una influencia revolucionaria en la educación en Estados Unidos en su momento, Gonick propone priorizar un nuevo paradigma de aprendizaje colaborativo, resultante de una cultura participativa mucho más amplia que la dominante en los años 1980.

Los componentes de este paradigma son:

- Promover el aprendizaje activo.
- Hacer avanzar la colaboración entre pares entre los estudiantes.
- Enfatizar el tiempo dedicado a la tarea o actividad, y la administración del tiempo y de los proyectos.
- Proveer retroalimentación pronta y auténtica a través de mentoría y de la comunicación de altas expectativas.

Cabe mencionar que los temas del paradigma enunciado por Gonick, con especial claridad el n<sup>o</sup>. 3, reflejan el creciente énfasis que otras escuelas también reconocen a las habilidades metacognitivas. La administración que los estudiantes, sobre todo los de educación superior, hagan de su aprendizaje, se convertirá en una función clave en su actividad profesional para el resto de sus vidas.

Las actividades en línea, sean éstas orientadas al aprendizaje, metacognitivas, o de otras naturalezas (salud, trabajo, gestión de la vida diaria, participación política y ciudadana, o bien relaciones sociales y entretenimiento) están acompañadas de casi infinitas posibilidades de distracción y requieren un desarrollo muy sólido de competencias metacognitivas como las de administración de la atención, el tiempo, y los proyectos en curso.

Hacemos también un análisis desde el punto de vista de las competencias informacionales en la universidad a que se refieren Gómez Hernández y Pasadas, como lo refieren Monereo y Pozo (2008, p. 109-131). Los criterios se resumen en forma tabular como sigue (la terminología es propia de los ciclos universitarios españoles):

Ciclo universitario corto	Obtención de información para la solución de problemas Obtención de información para la comunicación con los iguales Habilidades para el aprendizaje autónomo
Primer ciclo	Competencias para la solución de problemas complejos Reunión de información para la emisión de juicios Comunicación eficaz de información, resultados, ideas y problemas a público especializado y no especializado Aprendizaje altamente autónomo
Segundo ciclo	Competencias para la solución de problemas interdisciplinarios Competencias para la integración de conocimientos complejos y la formulación de juicios a partir de información parcial/escasa Comunicación eficaz de resultados y conclusiones de proyectos a público especializado y no especializado Aprendizaje altamente autónomo
Tercer ciclo	Dominio de competencias para la investigación Análisis crítico y evaluación y síntesis de ideas nuevas y complejas Comunicación eficaz entre pares y a la sociedad sobre la propia especialidad Promoción del avance social, científico y ético

Observamos que nuestros trabajos han llevado a una buena parte de los alumnos participantes a un paso acelerado de las competencias informacionales indicadas para el primer ciclo hacia las del segundo, al requerirles una conjunción de aspectos interdisciplinarios y pasar a lo largo del curso de la solución de un problema marcadamente definido a uno acompañado de incertidumbres importantes, que los propios alumnos han tenido que reducir.

## CONCLUSIONES

El proyecto "m-learning", resulta ser un método alternativo y novedoso de enseñanza que promueve el aprendizaje del estudiante intentando llevarlo a un nivel más completo; en el que la necesidad de un aula y laboratorio no son indispensables debido a la ventaja en la movilidad. Se observó que el implementar diversos mecanismos en la materia, como tener la facilidad de realizar actividades fuera del aula, motiva al estudiante y lo pone más en contacto con una aplicación directa de lo que está aprendiendo. Además, el uso de tecnologías, en particular tecnologías móviles, permite que los estudiantes imaginen y piensen más sobre qué y cómo pueden llevar su conocimiento a sus experiencias cotidianas y buscar alternativas para lograrlo.

Por otra parte, el uso de estas tecnologías involucra al estudiante desde sus primeros semestres de formación académica a visualizar, identificar y conocer las



diferentes herramientas y disciplinas que están relacionadas con lo que será su trabajo profesional.

Es importante señalar que el uso de una tablet en este contexto presenta menores dificultades al estudiante para realizar la entrega por línea de las tareas que se requieren, ya que por la naturaleza de la materia en la que se implementó este proyecto, es indispensable que el alumno realice desarrollos algebraicos, de cálculo y use ecuaciones en sus descripciones; lo cual es más sencillo de realizar mediante la Tablet pues es como si escribiera directamente en la hoja de un cuaderno y no requiere de realizarlo en algún procesador de texto que implica invertir más tiempo.

## NOTAS

- <sup>1</sup> Los autores agradecen el apoyo recibido por parte de la Fundación Hewlett-Packard mediante el proyecto citado en el texto. Lorea Chaos Cador también agradece el apoyo brindado por la Facultad de Ciencias de la UNAM para la mejor realización del proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartolomé Piña, A. (2008). Entornos de aprendizaje mixto en educación superior. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, Volumen 11, N° 1.
- Brown, T. (2003). The role of mlearning in the future of e-learning in Africa. *21<sup>a</sup> conferencia mundial de ICDE*. Honk Kong, Junio de 2003. [en línea] Disponible en: <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-110.556/2004/Materiaali/brown03.pdf> [consulta 2009, 29 de enero]
- Franco García, A. (s/a). Física con ordenador [en línea] Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm> [consulta 2009, 29 de enero]
- García, M.; Castañeda, L. (2005). *Sistema de asesoría en línea*, ALUNAM. [en línea] Disponible en: <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:19482&dsID=no6garciauro5.pdf> [consulta 2009, 29 de enero]
- López, C. (2005). *Los Repositorios de Objetos de Aprendizaje como soporte a un entorno e-learning*, Tesina doctoral, Universidad de Salamanca. [en línea] Disponible en: <http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/#> [consulta 2009, 29 de enero]
- Peters, K. (2007). m-Learning: Positioning educators for a mobile, connected future. *IRRODL*. [en línea] Disponible en: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/350/894> [consulta 2009, 29 de enero]
- Peters, K.; Lloyd, C. (2003). Differentiating Needs: Customer demand for online learning. *The National Centre for Vocational Education Research* (NCVER), Australian National Training Authority website. [en línea] Disponible en: <http://www.ncver.edu.au/research/proj/nr2fo2.pdf> [consulta 2009, 29 de enero]

- Quinn, C. (2000). M-learning: mobile, gíreles in your pocket-learning. *Line Zine*. [en línea] Disponible en: <http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm> [consulta 2009, 29 de enero]
- Traxler, J. (2007). Defining, Discussing and Evaluating Mobile Learning: the moving finger writes and having writ ... *IRRODL*. [en línea] Disponible en: <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/346/875> [consulta 2009, 29 de enero]
- Vrije, P. W.; et al (2005). Using mobile technology to enhance students' educational experiences. *EDUCAR*. [en línea] Disponible en: <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ers0502/cs/ecs0502.pdf> [consulta 2009, 29 de enero]
- Watson, H.; White F. (2006). M-learning in education; a summary. *Education. au limited*. [en línea] Disponible en: <http://www.educationau.edu.au/jahia/webdav/site/myjahiasite/shared/site/mLearning.pdf> [consulta 2009, 29 de enero]
- Wilén-Daugenti, T. (2009). *Edu – Technology and Learning Environments in Higher Education*, Peter Lang, N. York (23-33).

#### Referencias web

Podcasting Phenomenon: a discussion on the development of podcasting as a professional medium for learning, 2006. (Trabajo en curso sobre el uso del podcast en ámbitos profesionales, producido por IDG Global Solutions, en cooperación con el equipo de educación europeo de Apple)

---

## PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

**Alejandro Pisanty.** Profesor de la Facultad de Química de la UNAM. Ha realizado su carrera en investigación en química teórica y física del estado sólido, aplicaciones de la tecnología al trabajo académico, Internet y la Sociedad de la Información. Ha sido Coordinador de Universidad Abierta y Educación a Distancia y Director General de Servicios de Cómputo Académico en la UNAM, miembro del Consejo Directivo de ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers), de la Sociedad Internet de México, A.C., que preside, y de la Internet Society.

E-mail: [apisan@servidor.unam.mx](mailto:apisan@servidor.unam.mx)

**Larisa Enríquez.** Investigadora de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la UNAM. Ha centrado su trabajo en el análisis y aplicación de las tecnologías de información y comunicación, en la educación, educación a distancia, ambientes de aprendizaje y objetos de aprendizaje. Fue Coordinadora de Servicios Educativos en Red y jefa del departamento de Productos Interactivos de la UNAM y actualmente coordina la comunidad de educación, de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet 2.

E-mail: [lenriquez@servidor.unam.mx](mailto:lenriquez@servidor.unam.mx)

**Lorea Chaos Cador.** Profesora de la Facultad de Ciencias de la UNAM y profesora investigadora de la UACM. Ha realizado su carrera de investigación en el área de física teórica sobre sistemas cuánticos confinados y estudios de estados resonantes en sistemas mesoscópicos abiertos y cerrados.

E-mail: lchaos@servidor.unam.mx

**DIRECCIÓN DE LOS AUTORES:**

Universidad Nacional Autónoma de México  
Av. Universidad 3000,  
04510 México DF. México

**Fecha de recepción del artículo:** 18/5/09

**Fecha de aceptación del artículo:** 23/09/09