

Framework para Evaluar Sistemas M-learning: Un Enfoque Tecnológico y Pedagógico

Christian X. Navarro, Ana I. Molina, Miguel A. Redondo, and Reyes Juárez-Ramírez

Title— Framework to Evaluate M-learning Systems: A Technological and Pedagogical Approach.

Abstract—This paper presents the analysis of recent research on *mobile learning* and *usability* areas, applying a *systematic mapping study*. The aim is to understand the tendencies and needs in the *m-learning* field. The results demonstrate that research in the area has grown significantly since 2013, and we identify a necessity when we see that not all the *m-learning* applications have used *usability* tests, also we did not find *guidelines* or *frameworks* to evaluate them. With these results and tendencies, we propose an *evaluation framework for m-learning applications, considering pedagogical usability and user interface usability, to improve the quality of m-learning applications.*

Index Terms—*m-learning, mobile learning, usability, mapping study, evaluation.*

I. INTRODUCCIÓN

ACTUALMENTE estamos asistiendo a un uso cada vez mayor de los dispositivos móviles, tanto en nuestra vida diaria como en distintos ámbitos, entre los que se encuentran la cultura y la educación. Estos dispositivos están permitiendo un acceso como no se había dado antes a la información y la comunicación.

En el informe “*Ericsson Mobility Report of 2013*”, se realizaba una predicción, en la que se afirmaba que las suscripciones de *smartphones* a telefonía móvil crecería 10 veces entre el 2013 y el 2019, por lo cual se prevé que para el 2019 haya un total de 5,600 millones de suscripciones [1].

La portabilidad, facilidad de uso y la mejora constante de las capacidades de estos dispositivos nos permiten optimizar

C. X. Navarro pertenece a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Carretera Tijuana-Ensenada Km. 103, 22860, Ensenada B. C., México (e-mail: cnavarro@uabc.edu.mx).

A. I. Molina pertenece a la Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Paseo de la Universidad, 4 13071, Ciudad Real, España (e-mail: Analsabel.Molina@uclm.es).

M. A. Redondo pertenece a la Escuela Superior de Informática, Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM), Paseo de la Universidad, 4 13071, Ciudad Real, España (e-mail:Miguel.Redondo@uclm.es).

R. Juárez-Ramírez pertenece a la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California., Calzada Universidad #14418, Parque Industrial Internacional, 22390,Tijuana B. C., México (e-mail: reyesjua@uabc.edu.mx).

actividades en diferentes áreas de la vida, siendo una de ellas el aprendizaje. Son dispositivos muy útiles, ya que están con nosotros donde quiera que vayamos. Nos encontramos, por tanto ante un panorama ideal para cualquier aprendiz, ya que la información está disponible en cualquier momento y lugar. Incluso, la UNESCO ha considerado los dispositivos móviles como una plataforma para ampliar el acceso, la calidad y la igualdad de la enseñanza en diferentes países. En el ámbito científico, también se ha podido apreciar un incremento en los últimos años de publicaciones relacionadas con el uso de estos dispositivos en ambientes de *aprendizaje móvil (m-learning)* [2].

Sin embargo, los dispositivos móviles poseen ciertas limitaciones, principalmente relacionadas con el reducido tamaño de sus pantallas y la cantidad de información que se puede presentar a la vez. Dichos aspectos, más relacionados con la *usabilidad*, podrían dificultar el uso de los móviles como soporte para tareas de enseñanza-aprendizaje. Por este motivo, en este artículo se presenta el estado actual de las investigaciones relacionadas con la *usabilidad*, específicamente en las aplicaciones *m-learning*. Se identificarán los principales enfoques que han tomado las publicaciones más recientes; así como los dispositivos móviles y sistemas operativos más utilizados. El objetivo final es conocer las tendencias y las necesidades actuales dentro del ámbito del *m-learning* a través de un estudio de mapeo sistemático. Además, en este trabajo, se presenta una propuesta de un *framework* que permita evaluar aplicaciones *m-learning*, considerando factores pedagógicos y de *usabilidad* con el fin de mejorar la calidad de uso de estas aplicaciones así como la experiencia del estudiante en los entornos de *aprendizaje móvil* [3].

La organización de este artículo es la siguiente: en la Sección II se presentan las nuevas tendencias de aprendizaje y *usabilidad* en *m-learning*. La Sección III muestra los resultados de un estudio de mapeo sistemático de la literatura en el área de *usabilidad* en *m-learning*. En la Sección IV se presenta la propuesta de un *framework* de evaluación de sistemas *m-learning*. Finalmente, en la Sección V, se comentan las conclusiones que se extraen del presente trabajo.

II. TENDENCIAS EN LA EDUCACIÓN

El informe *NMC Horizon Report* identifica cuales de las nuevas tecnologías presentan un mayor potencial en el ámbito de la educación [4]. Estas tendencias son ya un hecho en algunas de las instituciones más innovadoras del

mundo. Así, a corto plazo, los MOOC (*Massively Open Online Courses*) destacan como una de estas nuevas tendencias. Otra tecnología que tendrá gran aceptación a corto plazo son las *tablets*. Sus principales ventajas son la conectividad, multifuncionalidad y portabilidad, por lo que están demostrando ser un medio útil para impulsar la formación sin importar el tiempo y el espacio; permitiendo el acceso a materiales educativos, y sirviendo como herramienta de apoyo a la gestión docente [5].

El *aprendizaje basado en juegos* es otra tendencia que el *NMC Horizon Report* considera que se implantará, de forma masiva, en los próximos dos o tres años. El pronóstico del análisis realizado por *TechNavio* acerca del mercado global del aprendizaje basado en juegos indica un crecimiento del 15.6% en el periodo comprendido entre 2012 y 2016 [6]. Y uno de los factores que contribuirán a dicho crecimiento son los *juegos educativos móviles*.

Otra tendencia es la analítica del aprendizaje (*learning analytics*), que tiene que ver con la interpretación de los datos que generan los aprendices al interactuar en distintos contextos y con los distintos soportes de aprendizaje. Los estudios recientes muestran que su aplicación llevará a la creación de entornos de aprendizaje personalizados y adaptados al progreso de los estudiantes a lo largo de su aprendizaje [4].

A. *M-learning* en la Educación

La definición de *m-learning* ha evolucionado en los últimos años, de manera que distintos autores lo han definido de distinta forma. Por ejemplo, Quinn [7] lo define como “*un tipo de e-learning a través de dispositivos móviles*”. O'Malley [8] lo describe como “*el aprendizaje que tiene lugar cuando el estudiante se beneficia de las oportunidades ofrecidas por las tecnologías móviles*”. El trabajo de Sharples [9] cambió la forma de pensar acerca del *m-learning*, centrándolo en el estudiante. Según este autor es el estudiante quien tiene la movilidad y no la tecnología. Los estudiantes eligen la tecnología que esté a su disposición, mientras se mueven entre contextos, incluyendo teléfonos móviles, sus propias computadoras y las de otros, así como libros y *notepads*. Y en el 2013 Crompton [10] lo definió en los siguientes términos: “*el m-learning es un aprendizaje en múltiples contextos, a través de interacciones sociales y de contenido, usando dispositivos electrónicos personales*”. Esta última definición está más centrada en el estudiante y su propio proceso de aprendizaje.

Durante el 2012 y el 2013 la UNESCO ha estado publicando una serie de documentos sobre el *aprendizaje móvil* y cómo la tecnología móvil, que ahora es más accesible, puede facilitar la igualdad y la eficacia de la educación en diferentes países [11].

El *m-learning* se ha estudiado en diversos contextos de la educación, entre las cuales encontramos el aprendizaje formal e informal y el aprendizaje continuo. Se considera, de manera generalizada, que hay una división significativa entre el llamado *aprendizaje formal*, que se da en las aulas, y el *aprendizaje informal*, que acontece en casa o en contextos diversos fuera del aula. El *m-learning* podría ayudar a disminuir la separación entre estos dos tipos de aprendizaje.

Dentro del aprendizaje formal hay dos modelos populares de *aprendizaje móvil* en las escuelas, uno es el de los *programas 1:1*, en los que se provee a cada estudiante de un dispositivo, y otro las *iniciativas BYOT (Bring Your Own Technology)*, en la cual la mayoría de los estudiantes tienen sus propios dispositivos, los cuales llevan al aula [12].

Dentro del aprendizaje informal podemos considerar el llamado *aprendizaje permanente o continuo* que se entiende como formación a lo largo de la vida. Éste no cambia con el currículum oficial, sino que avanza con el transcurrir de la vida de la persona dependiendo de su situación profesional y personal. El aprendizaje permanente puede darse en cualquier espacio y sus principales características son la integración e innovación [13].

B. Usabilidad en Aplicaciones Móviles

La *usabilidad móvil* puede considerarse como una especialidad en evolución procedente del campo de la *usabilidad*. Los investigadores del campo de la Interacción Persona-Ordenador (IPO) han encontrado que para producir sistemas computacionales usables, es importante entender los factores psicológicos, ergonómicos, organizacionales y sociales que determinan como trabajan las personas [14].

Jakob Nielsen ha estudiado la *usabilidad* desde 1993. Es el fundador del movimiento “*discount usability engineering*” (“Ingeniería de la usabilidad rebajada”) que destaca el uso de métodos eficaces para mejorar la calidad de las interfaces diseñadas para usuarios y ha aplicado sus métodos también en el área de los dispositivos móviles a través de investigaciones empíricas publicadas en su libro *Usabilidad en dispositivos móviles* [15]. Este autor explica la *usabilidad* en términos de la aceptación general de un sistema, que incluye la aceptación social, así como aspectos prácticos como la confiabilidad, costo, compatibilidad y utilidad [16]. En el 2012 define la *usabilidad* como “*un atributo de calidad que evalúa lo fácil que resulta usar una interfaz de usuario*”. La palabra *usabilidad* también se refiere a los métodos para mejorar la facilidad de uso durante el proceso de diseño [17].

Entre las técnicas más utilizadas para medir la *usabilidad* existen las *evaluaciones heurísticas*. Sin embargo éstas no están aún bien adaptadas a las características de la computación móvil. Dichas técnicas, por ejemplo, no consideran el contexto de uso o la movilidad, aspectos básicos en este nuevo escenario de interacción. Por lo cual es necesario adaptar los métodos existentes a la evaluación de aplicaciones para dispositivos y entornos de computación móvil [18].

III. MAPEO SISTEMÁTICO

Considerando los planteamientos hechos en este documento, podemos ver que la *usabilidad* es importante, tanto al hablar de computación móvil, en general, como al hablar de su uso en ambientes de *aprendizaje móvil*. Por lo tanto, parte de este trabajo se centra en realizar una investigación de la literatura existente sobre esta temática, utilizando para ello la metodología del *mapeo sistemático*. Esta metodología sirve para identificar, evaluar e interpretar toda la investigación relevante sobre un tema en particular [19], en este caso será sobre el *m-learning* y la *usabilidad*

móvil, haciendo especial énfasis en el uso de dispositivos móviles tipo *smartphone* y *tablet*.

Teniendo en cuenta las etapas que propone esta metodología, las actividades que se llevaron a cabo en esta fase de análisis bibliográfico se comentan en las siguientes subsecciones. Cabe mencionar que los datos presentados en este estudio son una actualización del mapeo sistemático presentado en [20], el cual sólo abarcaba artículos publicados hasta mediados del mes de marzo del 2013.

A. Preguntas de Investigación

Dado que nuestro interés se centra en conocer el estado del arte en el área del *m-learning* y la *usabilidad móvil*, se plantean las siguientes preguntas de investigación:

1) ¿Cuál es el estado actual en cuanto a la publicación de investigaciones en el ámbito de la *usabilidad móvil* y el *m-learning* en los que se utilicen dispositivos móviles tipo *smartphone* y *tablet*? ¿Ha aumentado la publicación de artículos en esta temática en los últimos años?

2) ¿Cuáles son los enfoques de las diferentes publicaciones en el área del *m-learning* y la *usabilidad móvil*? ¿Qué tipos de dispositivos móviles y sistemas operativos son los más utilizados según dichas publicaciones?

Para responder a estas preguntas se utilizaron las siguientes palabras claves en la búsqueda, escritas en inglés por ser el idioma más utilizado en las publicaciones en este área: “*mobile learning*”, “*m-learning*”, y “*usability*”.

B. Identificar las Bases de Datos Apropriadadas

Los estudios incluidos en esta investigación surgieron de una búsqueda de la literatura disponible en las siguientes bases de datos: *IEEE Digital Library*, *Science Direct On Site (SDOS)*, *ACM Digital Library*, y *Scopus*. Se incluyeron aquellos trabajos relacionados con el área del *m-learning* y la *usabilidad móvil*, específicamente aquellos que utilizan dispositivos móviles como *smartphones* y *tablets*, publicados en inglés e incluidos en revistas, conferencias, o *workshops*.

C. Resultados

La búsqueda inicial localizó un total de 1546 publicaciones (Fig.1). Se analizaron los títulos y resúmenes de los artículos encontrados y, en caso de existir duda sobre la relevancia de un trabajo para la investigación, también se analizó la introducción y/o conclusiones, para establecer si el artículo debía ser incluido o excluido del análisis bibliográfico final.

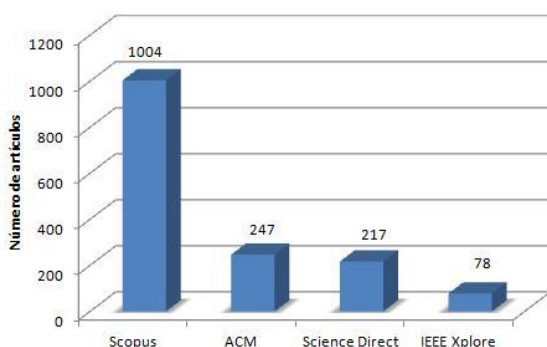


Fig. 1. Total de artículos localizados en la búsqueda inicial, en las distintas bases de datos consultadas.

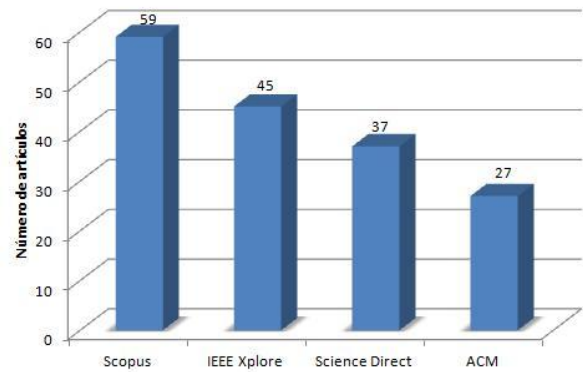


Fig. 2. Número de artículos relevantes extraídos de cada base de datos.

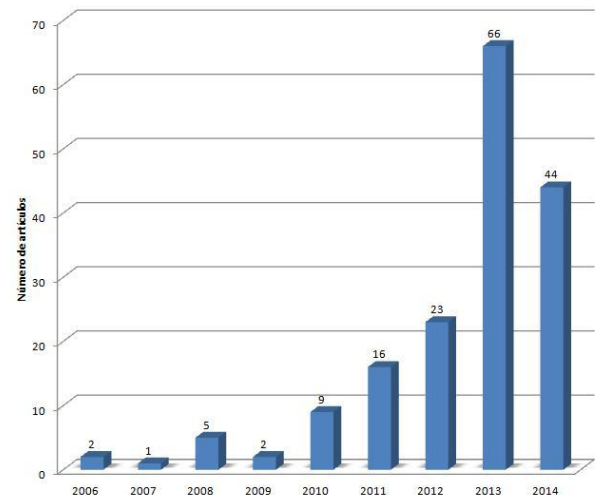


Fig. 3. Artículos seleccionados, por año de publicación.

Finalmente, se redujo el número inicial a 168 documentos, considerados como los más relevantes y relacionados con nuestra investigación (Fig. 2).

La Fig. 3 muestra el número de artículos seleccionados, publicados entre el 2006 y el 2014. Se puede ver que la cantidad de publicaciones en esta área se ha incrementado desde el 2010, y en el año 2013 esta cifra aumentó significativamente. Esta búsqueda se realizó a finales de noviembre del 2014, por lo que faltaría incluir las publicaciones que se registren en las bases de datos seleccionadas, durante los últimos meses. Considerando el auge de los dispositivos móviles en la educación, se cree que las publicaciones relacionadas con este tema seguirán en aumento en los próximos años.

Los 168 artículos más relevantes muestran diferentes enfoques, de acuerdo con el propósito de su investigación, que hemos clasificado para una mejor interpretación: aplicaciones *m-learning*, *guidelines* y *frameworks*, aspectos específicos del *m-learning*, casos de estudio y análisis y tendencias del *m-learning* (Fig. 4).

En los 61 artículos que describían aplicaciones *m-learning* se utilizaron diferentes tipos de dispositivos (Fig. 5). De las aplicaciones descritas el 69% han resultado ser aplicaciones nativas, que residen y se ejecutan en el dispositivo móvil, y el 31% estaban basadas en web.

La Fig. 6 muestra la clasificación de estas aplicaciones en relación con el nivel académico de los estudiantes al que van dirigidas. Además se pudo comprobar que, de todas ellas, el 28% estaban basadas en juegos.

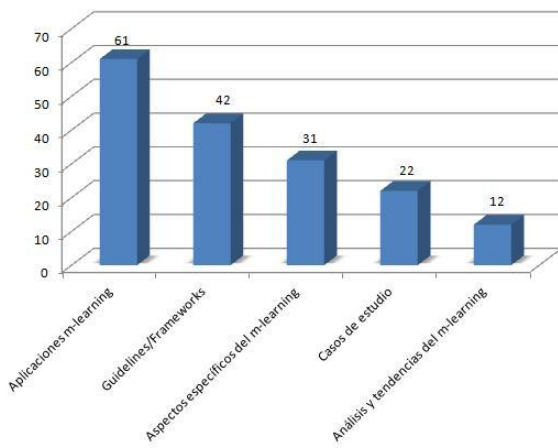


Fig. 4. Enfoques relacionados con los propósitos de investigación.

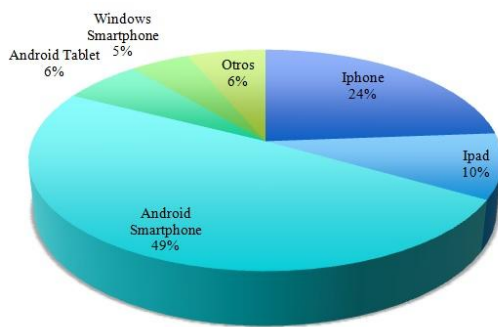


Fig. 5. Tipos de dispositivos móviles en m-learning.

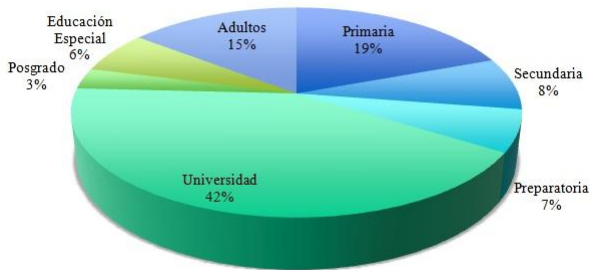


Fig. 6. Aplicaciones m-learning por nivel académico.

Solo en 52% de las aplicaciones descritas en las publicaciones analizadas se realizaron pruebas de *usabilidad*, estando el 44% de ellas basadas en evaluaciones heurísticas o revisión por expertos.

De acuerdo con la información mostrada en la Fig. 4, existen 42 artículos sobre *guidelines* y *frameworks* en el área del *m-learning* o la *usabilidad móvil*, de los cuales 28 son *frameworks* de desarrollo y 14 tratan sobre la evaluación de este tipo de sistemas (Fig. 7, clasificación 3).

De los 31 artículos con enfoque en aspectos específicos del *m-learning* (Fig. 4), todos tratan temas diferentes, por ejemplo: los factores que provocan que los estudiantes utilicen *smartphones* en ambientes educativos, personalización de aplicaciones *m-learning* o propuestas de diseño de interfaces educativas.

Dentro de los 22 artículos sobre casos de estudio, se tratan diferentes temáticas, en su mayoría relacionados con

la efectividad del *m-learning* en el aprendizaje de diversas disciplinas, y otros con la percepción o creencias de los docentes acerca del *m-learning*.

Entre los 12 artículos que se centran en el análisis y tendencias del *m-learning* (Fig. 4), encontramos dos revisiones sistemáticas, y otros relacionados con los retos y oportunidades en el *m-learning*.

D. Análisis y discusiones

Para mostrar un panorama completo sobre la clasificación de artículos realizada en esta investigación, presentamos un esquema que representa las diferentes categorías de los trabajos analizados (Fig. 7).

Debido a los intereses de esta investigación, los artículos que se tomaron en cuenta en un posterior análisis, más detallado, son los que consideraban la *usabilidad* en sus *guidelines* y *frameworks* para desarrollar o evaluar ambientes *m-learning*.

Existen 18 proyectos sobre *guidelines* y *frameworks* de desarrollo que consideran la *usabilidad*, y que están orientados al desarrollo (Fig. 7, clasificación 4).

Con respecto a *guidelines* y *frameworks* de evaluación que consideran la *usabilidad*, solo encontramos dos artículos. El primero propone un *framework* para evaluar dispositivos móviles (*handhelds*). Su autor identificó fortalezas y debilidades de estos dispositivos y sugiere especificaciones técnicas que considera apropiado emplear en aplicaciones *m-learning*. El segundo presenta una rúbrica para evaluar la calidad de las aplicaciones móviles enfocadas al aprendizaje del inglés.

Los resultados de este mapeo sistemático nos muestran una carencia de métodos o herramientas de evaluación para las aplicaciones *m-learning*. Por lo tanto, en la siguiente sección proponemos un *framework* para evaluarlas, considerando la *usabilidad*, y aspectos pedagógicos.

IV. PRUPUESTA DE UN FRAMEWORK DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS M-LEARNING

En [20] proponemos un *framework* de evaluación de sistemas *m-learning*. Sin embargo, éste ha sufrido algunos cambios en algunas de sus subdivisiones y criterios desde su publicación. Estos cambios han estado motivados por la retroalimentación de varios expertos en el área de *usabilidad* y tiene como finalidad eliminar las confusiones que generaba la clasificación anterior.

En la Fig. 8 se puede ver cómo el *framework* está dividido en dos categorías que se corresponden con las fases de evaluación de la *usabilidad pedagógica* y de la *usabilidad* de interfaz de usuario, respectivamente.

Cada una de estas categorías incluye varias subdivisiones y sus respectivos criterios de evaluación (Fig. 8-1 y Fig. 8-2). En las secciones siguientes se explican con mayor detalle.

A. Usabilidad Pedagógica

Los entornos de *aprendizaje móvil* deben considerar diferentes aspectos educativos, *pedagógicos* y de *usabilidad* para poder facilitar y apoyar las actividades de aprendizaje. Estos factores proveerán el contexto apropiado para la práctica educativa. La *usabilidad pedagógica*, en este *framework*, tiene cinco subdivisiones: contenido,

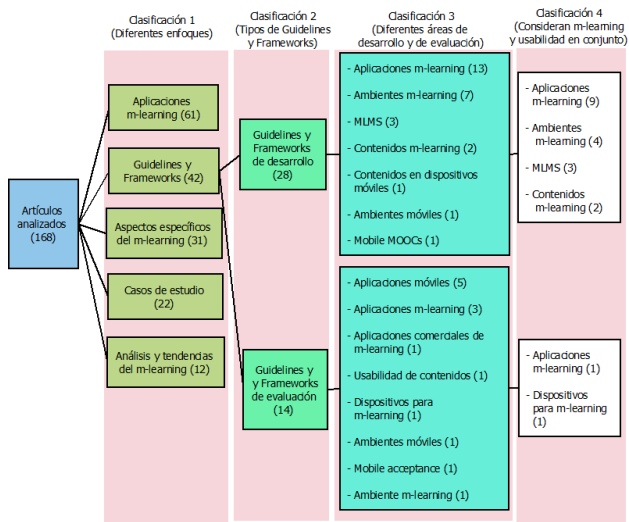


Fig. 7. Secuencia de clasificación de los artículos considerados en este estudio.

multimedia, tareas o actividades, interacción social y personalización. Además cada una de estas posee diferentes criterios que serán explicados en detalle a continuación.

1) *Contenido*

En un entorno *m-learning* el *contenido* debe considerar aspectos pedagógicos para fomentar un aprendizaje eficaz. Estos aspectos se corresponden con los criterios que se indican a continuación:

Organización. El contenido debe estar organizado en módulos o unidades pequeñas, su secuencia es importante, y los temas claves deben tener prioridad.

Objetivos. Estos deben ser definidos al principio de la secuencia didáctica. Deben ser formulados en un lenguaje simple y preciso. Los estudiantes deberán entender lo que se espera que aprendan después de completar un módulo, para así aumentar la probabilidad de que el aprendiz se comprometa con el aprendizaje.

Requerimientos Previos. El estudiante debe ser advertido de si se requieren habilidades o conocimientos previos. Es necesario proveer enlaces a materiales previos o cursos relacionados a éstos requerimientos.

Lenguaje. El lenguaje debe ser sencillo, claro y apropiado al nivel de los estudiantes.

Confiabilidad. La información debe estar actualizada y libre de errores.

Carga cognitiva. Los contenidos deben estar divididos en porciones apropiadas, y de complejidad manejable, para que los estudiantes puedan procesarlos sin tener una carga excesiva. La cantidad de nuevos conceptos claves debe limitarse a uno o dos, dependiendo de su complejidad.

Relevancia. Los contenidos deben estar centrados en las características, intereses, motivaciones de los estudiantes, y que deben ser útiles en su futuro.

Complejidad. Los materiales de aprendizaje deben retar

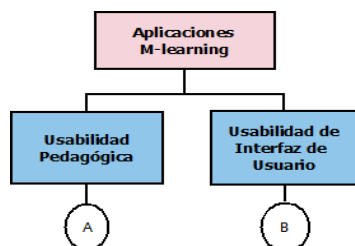


Fig. 8. Marco conceptual de evaluación de sistemas *m-learning*.

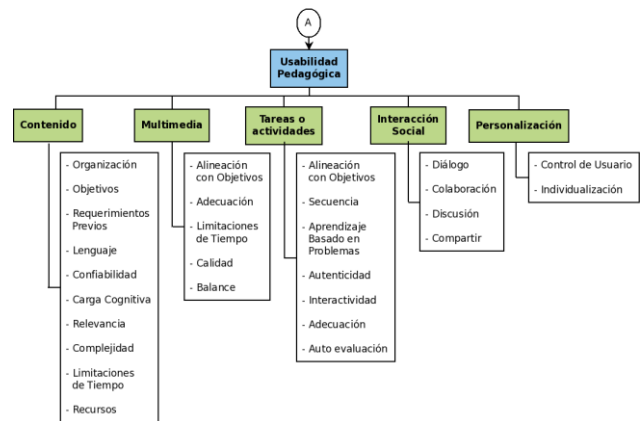


Fig. 8-1. Categorías y elementos de evaluación de la *usabilidad pedagógica*.

al estudiante con un nivel de complejidad adecuado a su nivel de conocimientos y sus destrezas.

Limitaciones de tiempo. El *aprendizaje móvil* debe presentar contenidos educativos en unidades de corta duración, que requieran entre 30 segundos y 10 minutos [21].

Recursos. Deberá proporcionarse acceso a recursos externos, apropiados para el contexto de aprendizaje, incluyendo enlaces al *World Wide Web*. Además el formato de presentación y la información debe estar adaptada para su visualización en dispositivos móviles.

2) *Multimedia*

Las aplicaciones *m-learning* deben soportar diferentes tipos de recursos multimedia, como video, audio, textos o animaciones, todas de alta calidad, desde la óptica de los dispositivos móviles. Para ello se consideran los criterios que se indican a continuación:

Alineación con objetivos. Los contenidos multimedia deben tener una estrecha conexión con los objetivos. Los videos, audios, e imágenes deberán ayudar a los estudiantes a alcanzar sus objetivos de aprendizaje.

Adecuación. Los materiales multimedia deben ser presentados en el formato que más facilite el aprendizaje de conceptos.

Limitaciones de tiempo. La duración de las animaciones, multimedia, videos y/o audios deben ser entre 2 y 5 minutos.

Calidad. El contenido multimedia debe tener buena calidad de video y fidelidad, incluir imágenes atractivas y el tamaño de los archivos debe ser apropiado para el dispositivo.

Balance. Debe existir una proporción equilibrada de recursos multimedia en el contenido. Los materiales deben presentar múltiples perspectivas del conocimiento y/o las tareas.

3) *Actividades o Tareas*

Las tareas o actividades en un entorno de aprendizaje son una parte importante del proceso de aprendizaje. En este sentido, definimos los criterios que se indican a continuación para su valoración:

Alineación con objetivos. Las tareas o actividades deben tener una conexión estrecha con los objetivos pedagógicos.

Secuencia. Las tareas deben permitir a los alumnos integrar la nueva información con aprendizaje previo, para generar así nuevo conocimiento.

Aprendizaje basado en problemas. Las tareas deben promover que los estudiantes comparen y clasifiquen información, para hacer deducciones y generar creatividad.

Autenticidad. Las tareas deben reflejar situaciones de la vida real, relevantes a la práctica profesional, generando interés e involucrando a los estudiantes. Deberán promover la transferencia de habilidades fuera del entorno de aprendizaje y el pensamiento crítico.

Interactividad. Las tareas deben involucrar a los estudiantes en problemas a resolver en los que se aprovechen las ventajas de uso de la tecnología móvil (investigaciones de campo, toma de fotografías, videos, realidad aumentada, o uso de códigos QR).

Adecuación. Las tareas deben ser coherentes con el contenido y el nivel educativo.

Autoevaluación. Un entorno móvil debe permitir la autoevaluación para comprobar el aprendizaje y registrar los avances del alumno.

4) *Interacción social*

La socialización es fundamental para el proceso de aprendizaje y un entorno *m-learning* debe promoverla y facilitarla. Para valorar esta dimensión consideramos los criterios que se indican a continuación:

Diálogo. Un ambiente *m-learning* debe permitir a los estudiantes comunicarse con sus compañeros y profesores (chat, tablón de anuncios o redes sociales).

Colaboración. Un entorno *m-learning* debe permitir el trabajo en grupo entre los estudiantes.

Discusión. Un entorno de *m-learning* debe incorporar posibilidades de interacción, discusión y otras actividades colaborativas. La discusión requiere que los estudiantes participen publicando acerca de su aprendizaje, para recibir retroalimentación, evaluar y aprender de otros grupos o estudiantes a través de trabajos publicados u opiniones.

Compartir. Un entorno *m-learning* debe permitir a los estudiantes compartir fotos, videos o cualquier otro tipo de documentos relacionados con su trabajo, a través de redes sociales como *facebook* o *twitter*.

5) *Personalización*

La personalización les da a los estudiantes la libertad de controlar diferentes opciones relacionadas con su estilo de aprendizaje o con respecto a la secuencia de estudio. Para valorar el grado de Personalización consideraremos los criterios siguientes:

Control de usuario. Los estudiantes deben tener la libertad de dirigir su aprendizaje individual o en grupo, y así tener un sentido de pertenencia. Deberán elegir la secuencia a seguir, a través de rutas opcionales para su progreso.

Individualización. Los estudiantes deberán elegir el material que más se adapte a sus estilos de aprendizaje (la información podrá ser revisada en videos, texto o audios).

B. *Usabilidad de la Interfaz de Usuario*

La *usabilidad* de la interfaz de usuario (en adelante interfaz) es fundamental para lograr la aceptación y

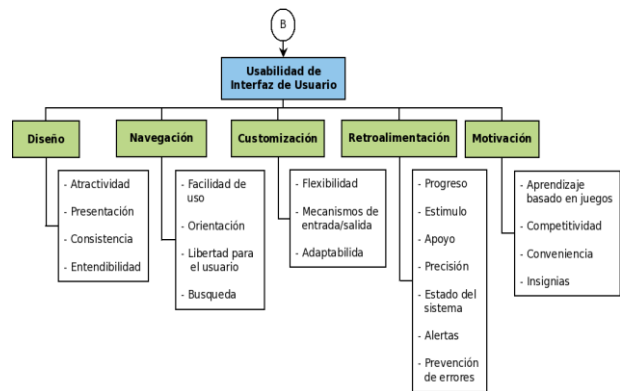


Fig. 8-2. Categorías y elementos de evaluación de la *usabilidad de la Interfaz de usuario*.

satisfacción por parte de los estudiantes. En el contexto de los entornos de *aprendizaje móvil*, la interfaz debe ser fácil de usar para que los usuarios la aprendan, reconozcan y recuerden. En este *framework* hemos identificado cinco subdivisiones: diseño, navegación, customización, retroalimentación y motivación, que a su vez, se dividen en diferentes criterios, que explicaremos en detalle.

1) *Diseño*

Un buen diseño es fundamental para mejorar la *usabilidad* de una interfaz de usuario. Para valorar este aspecto utilizaremos los criterios que se indican seguidamente:

Atractivo. El diseño deberá ser estético y atractivo para los estudiantes. La apariencia deberá ser placentera y no debe contener información irrelevante. La interfaz no debe estar sobrecargada de información ni incluir gamas de colores que afecten negativamente a la percepción visual de los contenidos.

Presentación. La interfaz debe seguir buenas pautas de presentación, con respecto a la organización (*layout*) y el diseño. Las opciones de selección deben ser visibles y fácilmente localizables. La información debe estar organizada en un orden lógico y las páginas deben corresponder o adaptarse al tamaño de la pantalla.

Consistencia. Los elementos de una interfaz deben ser estables y coherentes a través de todo el diseño. Deberá seguir estándares convencionales con una selección consistente de estilo en el texto, botones, y ventanas.

Entendibilidad. Los iconos, texto y otros elementos deben ser simples e intuitivos, y escritos en un lenguaje común, para que los estudiantes puedan entender fácilmente los propósitos de las funciones del sistema.

2) *Navegación*

La navegación debe ser sencilla para el usuario. Además el usuario debe estar constantemente informado de dónde está, dónde ha estado y hacia donde puede ir. Esto se puede valorar por medio de los siguientes criterios:

Facilidad de uso. La navegación debe incluir funciones que sean fáciles de entender, recordar y utilizar. Las opciones deben tener una correcta visibilidad. No se debe requerir más de tres clics para llegar desde la página inicial hasta los contenidos.

Orientación. El estudiante debe identificar claramente dónde está, cómo volver al menú principal y navegar

fácilmente. Cada ventana o cuadro de diálogo debe desplegar su título.

Libertad para el usuario. Cuando un estudiante elige una función por error, la aplicación debe permitir volver a ventanas anteriores. Opciones como *deshacer* y *rehacer* son importantes para fomentar y mantener la libertad del usuario al interactuar con el sistema.

Búsqueda. La aplicación debe proveer mecanismos para ayudar al usuario a encontrar contenido.

3) Customización

La customización es una adaptación del término inglés *customize*, que refiere a modificar algo de acuerdo a las preferencias personales. Esto es importante porque permite a los estudiantes cambiar el diseño o la navegación en sus dispositivos. Esto lo valoraremos haciendo uso de los siguientes criterios:

Flexibilidad. La aplicación debe permitir a los estudiantes cambiar elementos de la interfaz. Debe proporcionar atajos y aceleradores, mejorando con esto la interacción identificando acciones frecuentes. La flexibilidad hace posible la facilidad de uso para diferentes tipos de usuarios, desde novatos hasta expertos.

Mecanismos de entrada/salida. Este criterio es esencial en el contexto móvil, ya que una de sus limitaciones es la interacción. Por lo tanto, las aplicaciones deben permitir diferentes formas de entrada y salida para mejorar la interacción del estudiante.

Adaptabilidad. En un entorno de *aprendizaje móvil* el contenido debe adaptarse a las pantallas de diferentes dispositivos (*smartphones*, *tablets*, entre otros) sin la necesidad de hacer configuraciones, evitando la superposición de objetos o la pérdida de información. Las pruebas y evaluaciones deberán ser adaptadas a las habilidades de los estudiantes.

4) Retroalimentación

La aplicación debe ayudar al estudiante a consolidar los conocimientos adquiridos y reforzar sus nuevas destrezas, durante la interacción en el proceso de aprendizaje. En esta dimensión, utilizaremos los criterios que se indican a continuación:

Progreso. La aplicación debe presentar el avance general del alumno en el curso y en cada unidad.

Estímulos. La aplicación debe proporcionar retroalimentación constructiva, cuando los alumnos hayan tenido un avance significativo. Ésto anima y ayuda a generar confianza.

Apoyo. La aplicación debe proporcionar ayuda útil al estudiante para lograr sus objetivos de aprendizaje. Por ejemplo, si el estudiante comete un error al realizar una tarea, la aplicación debe ofrecer oportunidades para dar con la respuesta correcta o, al menos, proporcionar alguna explicación. También debe incluir mecanismos de comunicación para extender y ofrecer la retroalimentación de instructores, expertos, compañeros u otros.

Precisión. La retroalimentación debe ser apropiada al contenido, problema o tarea, y debe ser proporcionada de forma inmediata.

Estado del sistema. La aplicación debe presentar información general como la hora, el estado de la batería y la señal de la red.

Alertas. El sistema debe proporcionar retroalimentación a través de alertas, recordando fechas límites, notificando eventos o actividades.

Prevención de errores. Cuando un usuario elige dos opciones a la vez por equivocación, la aplicación debe solicitar una confirmación, aumentando la visualización de las opciones para facilitar la selección manual.

5) Motivación

La motivación busca aumentar el interés del estudiante en el proceso de aprendizaje a través de diferentes estrategias lúdicas y pedagógicas, aplicadas a la dinámica de las tareas. Consideraremos para su valoración los siguientes criterios:

Aprendizaje basado en juegos. Cuando un estudiante aprende a través de juegos, desarrolla un incremento en la motivación e interés en el aprendizaje a través de la diversión.

Competitividad. Las aplicaciones que soportan *m-learning* deben permitir la competitividad entre los estudiantes, a través de oportunidades como trabajar en la misma tarea al mismo tiempo, o mostrar tablas de liderazgo con las puntuaciones de cada estudiante.

Conveniencia. Los estudiantes deberán considerar y valorar como útil aprender ciertos temas mediante *aprendizaje móvil*, frente al empleo de métodos más convencionales (como, por ejemplo, las lecciones magistrales y presenciales en el aula). Un entorno *m-learning* debe proveer una forma rápida y fácil de aprender un nuevo tema o de revisar temas anteriores.

Insignias. La aplicación deberá generar insignias o recompensas simbólicas cuando el estudiante obtiene un logro significativo.

C. Herramienta de Evaluación

Considerando estos criterios hemos considerado oportuno el desarrollo de una herramienta web que permite testear (mediante un cuestionario creado a tal efecto) las características de las aplicaciones *m-learning*, en relación con su soporte a las distintas dimensiones y subdimensiones (o criterios) incluidas en nuestra propuesta de *framework* conceptual que hemos descrito anteriormente. Esta herramienta web, podrá emplearse para evaluación de aplicaciones de *m-learning*, permitiendo puntuarlas, compararlas y detectar oportunidades de mejora en relación con las distintas características incluidas en el *framework*.

V. CONCLUSIÓN

El análisis del estado del arte nos ha permitido tener una visión general sobre el *m-learning*, su inclusión en la educación y sus tendencias. Los resultados del mapeo sistemático realizado muestran que la investigación en el área del *m-learning* se ha incrementado significativamente desde el año 2013 y, debido al auge de los dispositivos móviles en la educación, creemos que las contribuciones en esta temática seguirán en aumento en los próximos años. Asimismo detectamos que sólo el 52% de las aplicaciones analizadas fueron sometidas a pruebas de *usabilidad* y sólo

el 44% de ellas estaban basadas en evaluaciones heurísticas o revisión por expertos.

En base a estos resultados hemos propuesto un *framework* para evaluar las aplicaciones *m-learning* considerando factores tanto pedagógicos como de *usabilidad*. El objetivo es mejorar la calidad de uso de estas aplicaciones y mejorar la experiencia del aprendiz en los entornos *m-learning*. Consideramos que las aplicaciones *m-learning* son a día de hoy alternativas muy útiles para asistir en el aprendizaje de los estudiantes y creemos que nuestro *framework* permitirá evaluar la calidad de las mismas, así como mejorar la experiencia de los aprendices.

AGRADECIMIENTOS

C. X. Navarro agradece al Programa para el desarrollo de personal docente incluido en la Dirección de Superación Académica (DSA) de la SEP (Secretaría de Educación pública), por la beca otorgada para la realización de estudios de posgrado. Esta publicación ha sido parcialmente soportada por el proyecto EDUCA-Prog del Ministerio de Ciencia e Innovación (TIN2011-29542-C02-01 y TIN2011-29542-C02-02), el proyecto de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, InterGroup (PPII-2014-021-P), así como el proyecto CYTED (Red 513RT0481).

REFERENCIAS

- [1] Ericsson, November. "Ericsson Mobility Report".2013.
- [2] C. X. Navarro, A. I. Molina, and M. A. Redondo, "Marco para la evaluación de sistemas m-learning: análisis de la situación y propuesta". XV International Conference on Human Computer Interaction (INTERACCIÓN 2014). Puerto de la Cruz. Tenerife, España.
- [3] J. C. Sánchez, S. Olmos, F. and J. García, "Understanding mobile learning: devices, pedagogical implications and research lines". Revista Teoría de la Educación y Cultura en la Sociedad de la Información, 15(1), 20-42, 2014.
- [4] L. Johnson, S. A. Becker, M. Cummins, V. Estrada, A. Freeman, and H. Ludgate, "NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition". Austin, Texas: The New Media Consortium.
- [5] E. Durall, B. Gros, M. Maina, L. Johnson, y S. Adams, "Perspectivas tecnológicas: educación superior en Iberoamérica 2012-2017". Edited by Austin, The New Media Consortium, 2012.
- [6] Marketresearchreports.Biz. "Global Game-Based Learning Market 2012-2017", StudyMode.com. Retrieved 03, 2013.
- [7] C. Quinn, "mLearning: Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning". LiNEZine. Fall 2000.
- [8] C. O'Malley, G. Vavoula, J. P. Glew, J. Taylor, M. Sharples, P. Lefrere, P. Lonsdale, L. Naismith, and J. Waycott, "Guidelines for Learning/Teaching/Tutoring in a Mobile Environment". MOBIlearn [UoN, UoB, OUF] WP4, March 2005.
- [9] M. Sharples, J. Taylor, and G. Vavoula, "Towards a Theory of Mobile Learning". Proceedings of mLearn, Vol.1, No. 1, p. 1-9. 2005.
- [10] H. Crompton, "A Historical Overview of m-learning: Toward Learner-Centered Education". Handbook of Mobile Learning, edited by Zane L. Berge and Lin Y. Muilenburg, 2013.
- [11] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, "The Future of mobile Learning: Implications for Policy Makers and Planners", 2013.
- [12] "University Embraces Bring-Your-Own-Device with Wireless Network". Costumer case study. USA, 2012.
- [13] C. Cantillo, M. Redondo, y A. Sánchez, "Tendencias actuales en el uso de dispositivos móviles en educación". La Educ@ción Digital Magazine, 147. 2012.
- [14] A. Kukulska-Hulme, "Mobile usability in educational contexts: what have we learnt?". The International Review of Research in Open and Distance Learning, A refereed e-journal to advanced research, theory, and practice in open and distance learning worldwide, Vol. 8 No. 2, 2007.
- [15] J. Nielsen, R. Budiu, "Usabilidad en dispositivos móviles". Editorial ANAYA Multimedia.2013.
- [16] J. Nielsen, "Usability Engineering". Boston: AP Professional, c1993, 1993, Vol. 1.
- [17] J. Nielsen, "Usability 101: Introduction to Usability". Online article (2012, January).
- [18] C. Cuadrat, "Estudio sobre evaluación de la usabilidad móvil y propuesta de un método para tests de usabilidad cuantitativos basado en técnicas de eyetracking". 2012.
- [19] B. Kitchenham, "Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering". EBSE: Technical Report EBSE-2007-01, 2007.
- [20] C. X. Navarro, A. I. Molina, and M. A. Redondo. "Developing a framework to evaluate usability in m-learning system: Mapping Study and proposal". Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2014). Salamanca, España.
- [21] Hu, Z. "Emerging vocabulary learning: From a perspective of activities facilitated by mobile devices". In *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education* (Vol. 2011, No. 1, pp. 1334-1340).

Christian X. Navarro se unió a la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño, en la Universidad Autónoma de Baja California (México) para trabajar como Profesor-Investigador de tiempo completo. En 2002 obtuvo el grado de Maestro en Ciencias de la Computación en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). Actualmente se encuentra cursando sus estudios de doctorado en la Universidad de Castilla La Mancha (España), en asociación con el grupo de investigación CHICO (Computer-Human Interaction and Collaboration). Sus intereses de investigación están enfocados en los campos del Cómputo Móvil, Computación Ubicua y M-Learning.

Ana I. Molina es Doctora en Ingeniería Informática (2007) por la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Actualmente es Profesora Contratada Doctora en la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real, y miembro del grupo de investigación CHICO (Computer-Human Interaction and Collaboration) de la UCLM. Sus principales áreas de interés son la Interacción Persona-Ordenador, los Sistemas Colaborativos y los Nuevos Paradigmas de Interacción aplicados a la Educación.

Miguel A. Redondo es Doctor en Ingeniería Informática por la Universidad de Castilla - La Mancha (2002), Licenciado en Informática por la Universidad de Granada (1997), Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas por la Universidad de Castilla - La Mancha (1995). Actualmente es Profesor Titular del área de Lenguajes y Sistemas Informáticos de la Universidad de Castilla - La Mancha, adscrito a la Escuela Superior de Informática. A nivel de investigación, su trabajo se centra en la innovación y aplicación de técnicas de Ingeniería del Software al desarrollo de sistemas de e-Learning y al desarrollo de sistemas avanzados de Interacción Persona-Computador.

Reyes Juárez-Ramírez trabaja como profesor-investigador en la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California. En 2002 obtuvo el grado de maestría en Ciencias de la Computación en el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), y obtuvo el grado de Doctor en Ciencias de la Computación en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Tiene dos áreas principales de interés: Ingeniería de Software e Interacción Humano-Computadora. Su investigación actual se enfoca en las interfaces adaptativas para usuarios con autismo, aspectos afectivos en tutores inteligentes y videojuegos, así como aspectos afectivos de los usuarios en espacios inteligentes.