

Métodos de evaluación de la usabilidad para entornos de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Sistemas Ubíquos

Santiago Fernández Zumaquero
SYMBIA IT, S.L., Albacete, España
santi@symbiait.com

8 de febrero de 2010

Resumen. Los paradigmas de Interacción Persona-Ordenador están experimentando grandes cambios debido a la necesidad de facilitar el uso de los ordenadores a un mayor abanico de usuarios y a la necesidad de nuevas técnicas de interacción para algunos tipos de aplicaciones especializadas. Un reto importante es conseguir que estas nuevas formas de interacción sean usables para evitar que sean desechadas y el usuario se estanque en los paradigmas de interacción tradicionales. Por ello, es muy importante evaluar la usabilidad de las nuevas aplicaciones basadas en estos nuevos paradigmas. Y, ¿cómo podemos llevar a cabo esta evaluación?. En el presente artículo se mostrará la utilidad de los métodos de evaluación tradicionales para la evaluación de la usabilidad en este tipo de sistemas.

Palabras clave. Interacción Persona-Ordenador, usabilidad, realidad virtual, realidad aumentada, sistemas ubicuos, métodos de evaluación.

Abstract. Human computer interaction paradigms are undergoing major changes due to the need to facilitate the use of computers to a wider range of users and the need for new interaction techniques for some types of specialized applications. A major challenge is to make these new forms of interaction meet the usability requirements to avoid being discarded and the user prefers to use the traditional interaction paradigms. It is therefore very important evaluate the usability of new applications based on these new paradigms. And, how can we carry out this assessment?. In this article will show the usefulness of the traditional evaluation methods for usability evaluation in such systems.

Keywords. Human Computer Interaction, usability, virtual reality, augmented reality, Ubiquitous Computing Environments, evaluation methods.

1. Introducción

El desarrollo de aplicaciones software, como todo proceso realizado de forma manual, es un proceso que depende en gran medida de la experiencia de la persona que lo lleva a cabo. *“Igual que el alfarero conoce las necesidades del destinatario de sus productos al situar asas o adecuarse a tamaños, formas o colores, del mismo modo, el ingeniero del software desarrolla su labor proporcionando productos de mayor o menor calidad, o más o menos próximos a los deseos del usuario final, dependiendo también de la experiencia que posea en tales desarrollos”*[7]. Una parte muy importante de este proceso de desarrollo es la evaluación de las aplicaciones generadas.

A la hora de realizar un desarrollo software hay que tener en cuenta numerosos factores, sobre todo aquellos relacionados con la calidad¹. Y a este respecto el usuario final tiene mucho que decir, ya que un sistema de calidad debe satisfacer los requerimientos del cliente, funcionales y no funcionales. Una aplicación puede cumplir todos los requisitos funcionales marcados por el cliente, pero si este sistema es difícil de utilizar el desarrollo puede convertirse en un auténtico fracaso. Es en este punto donde aparece el término de usabilidad.

Según la ISO/IEC 9241-11, la **usabilidad** es *“el nivel con el que un producto se adapta a las necesidades del usuario y puede ser utilizado por el mismo para lograr unas metas con efectividad², eficiencia³ y satisfacción⁴ en un contexto⁵ específico de uso”*.

La usabilidad de una aplicación depende de la facilidad con la que un usuario aprende el funcionamiento de esta y de si este es capaz de obtener los resultados deseados de una manera sencilla[2].

Para conseguir esto se recomienda que durante todo el proceso de desarrollo del software se tengan en cuenta temas psicológicos, ergonómicos y realizar evaluaciones del sistema involucrando a los usuarios finales[2].

¹La **calidad del software** es la concordancia con los requerimientos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente[9].

²*Efectividad*: La precisión con la que el usuario puede alcanzar los objetivos especificados[5].

³*Eficiencia*: Cantidad de recursos gastados en relación con la exactitud con la cual los usuarios alcanzan objetivos[5].

⁴*Satisfacción*: La comodidad y aceptación del modo de uso[5].

⁵*Contexto de uso*: Los usuarios, objetivos, tareas, equipamiento (hardware, software y materiales) y el entorno físico y social en el que el producto es usado[5].

En el presente artículo intentaremos concluir si los métodos de usabilidad tradicionales son válidos para evaluar la usabilidad en entornos de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Sistemas Ubicuos. Para ello, en el apartado 2, se presentarán los distintos tipos de métodos tradicionales de evaluación de la usabilidad. En el apartado 3 se realizará una introducción a tres nuevos tipos de paradigmas de Interacción Persona-Ordenador, como son la Realidad Virtual, la Realidad Aumentada y los Sistemas Ubicuos. Una vez presentados los aspectos comentados se tratará de dar respuesta a si son válidos los métodos de evaluación de la usabilidad tradicional para evaluar la usabilidad en estos sistemas. Por último se presentarán las conclusiones y un posible trabajo futuro al que puede dar pie este artículo.

2. Métodos tradicionales de evaluación de la usabilidad

Existe una gran variedad de métodos para evaluar la usabilidad de los sistemas software tradicionales que son utilizados en diversos contextos por personas con diferentes objetivos y necesidades. Estos métodos los podemos clasificar, según a las conclusiones a las que se llegaron en el “3^{er} Workshop Internacional de COST294-MAUSE⁶”, en tres categorías[12]:

- **DGMM** (Data Gathering & Modelling Methods). Se utilizan para adquirir conocimientos acerca de los usuarios y sus actividades. Pueden ser particularmente útiles para la comparación de productos. Se distinguen dos subcategorías:
 - *DGM* (Data Gathering Methods). Estos métodos se centran en las formas de recopilar conocimiento sobre las características relevantes de los usuarios, las tareas y el contexto en el que se utilizan los sistemas interactivos. Algunos ejemplos: *entrevistas*, *cuestionarios* o *“thinking aloud”*.
 - *MM* (Modelling Methods). Su objetivo es proporcionar, a distintos niveles de detalle, una representación precisa de los usuarios y sus actividades. Estos métodos a menudo están asociados a métodos de recolección de datos o a la combinación de ellos. Algunos ejemplos: *GOMS* (Goals, Operators, Methods, and Selection Rules), *HTA* (Hierarchical Task Analysis), (Hierarchical Task Analysis) o *CTTE* (ConcurTaskTreeEnvironment).

⁶ *COST294-MAUSE* es una comunidad de investigadores del ámbito de la usabilidad cuyo objetivo es incentivar la evaluación de la usabilidad a través de actividades científicas.

- **UIEM** (User Interactions Evaluation Methods). Estos métodos están centrados en la evaluación de las interacciones del usuario. Encontramos dos subcategorías:
 - *KMbM* (Knowledge-based and Model-based Methods). Estos se basan en los conocimientos disponibles y no requieren el acceso directo a los usuarios. Por lo que son especialmente útiles cuando no es posible recoger datos directamente de los usuarios. Está subdividido en tres categorías: Evaluación por expertos, evaluación basada en documentos y evaluación basada en modelos (Heuristic Evaluation).
 - *EM* (Empirical Methods). Se refieren a pruebas de usuario.
- **CMs** (Collaborative Methods). Son métodos utilizados para intercambiar ideas entre grupos de usuarios o diseñadores desde un punto de vista de evaluación de la usabilidad. Requieren de la participación activa del usuario. Un ejemplo sería el *Brainstorming* o lluvia de ideas.
- **Mixed Methodologies**. Esta categoría se creó para cubrir las metodologías que usan conjuntamente varios métodos.

Todos los métodos presentados son válidos para evaluar cualquiera de los criterios marcados en la definición de usabilidad (efectividad, eficiencia y satisfacción), aunque algunos de ellos serán más adecuados para evaluar unos aspectos y otros serán más útiles para evaluar otros. En la siguiente tabla (ver Cuadro 1) se muestran para que aspectos son más adecuados cada uno de los métodos.

	DGMM		UIEM		CM	Mixed Methods
	DG	MM	KMbM	EM		
Efectividad		X	X			X
Eficiencia		X	X		X	X
Satisfacción	X			X		X

Cuadro 1: Métodos más adecuados para evaluar efectividad, eficiencia y satisfacción.

Como se puede observar en el “Cuadro 1”, los métodos pertenecientes al grupo *DGMM* nos permiten realizar una buena evaluación de todos los criterios que definen la usabilidad. Dentro de este grupo, encontramos el método *Think Aloud* que nos permite evaluar la usabilidad centrándonos en la satisfacción del usuario. La aplicación de cuestionarios también nos permite evaluar estos criterios de manera sencilla y eficiente. Otro método que encontramos dentro del grupo *DGMM* es el método *User Satisfaction Model*, que nos permite medir la usabilidad de la aplicación a estudio partiendo de

un buen modelado de tareas.

También podemos observar en la tabla anterior (ver Cuadro 1), que los métodos pertenecientes a los grupos *KMbM* y *MM* no son muy adecuados para evaluar la satisfacción del usuario. Esto se debe a que el usuario no es partícipe de la prueba de evaluación. En este sentido es muy complicado medir la satisfacción del usuario, aunque el experto trate de dar su aproximación a través de la teoría y su experiencia.

Dentro del grupo *UIEM*, concretamente en el subgrupo *EM*, encontramos el método *User Performance Testing*, que nos permite medir de un modo bastante efectivo la satisfacción del usuario.

En el caso de sistemas colaborativos, podemos utilizar los métodos pertenecientes al grupo *CMs* que aportan, con respecto al resto de métodos de otros grupos, métricas relativas a características sociales y organizacionales. Estos métodos se centran sobre todo en medir la eficacia del sistema en estudio. Ejemplos de métodos pertenecientes a este grupo son *Cooperative User Experience* y *CUT (Cooperative Usability Testing)*.

Por último, la utilización de métodos mixtos también nos permiten evaluar la usabilidad de un sistema. Estos métodos son un “cajón desastre” en los cuales podemos encontrar facilidades para casi todo, pero de una forma poco estructurada.

3. Nuevas tendencias en Interacción Persona-Ordenador

Tanto la Ingeniería del Software (IS) como la Interacción Persona-Ordenador (IPO) pretenden aportar métodos y herramientas para aumentar la calidad de los productos software. Los puntos de vista ofrecidos por cada una de estas disciplinas son distintos. La IS aporta procesos, métodos, notaciones y herramientas. Mientras, la IPO ofrece otros métodos e intereses que se centran en el proceso, en el producto y en la identificación de dónde, cómo y por quién es utilizado el producto software. Es decir, IPO propone un Diseño Centrado en el Usuario.[7].

Esta preocupación hacia el usuario final del producto software ha llevado a la IPO a proponer nuevas formas de interacción atrayendo a usuarios que rechazan las monótonas técnicas de interacción tradicionales[1], lo que ha propiciado la aparición de sistemas que permiten una interacción más natural.

Sistemas de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Sistemas Ubicuos

son ejemplos de sistemas que proponen nuevos paradigmas de interacción.

A continuación se presentan este tipo de sistemas y las características que los diferencian de los sistemas tradicionales y que tienen que ser tenidas en cuenta a la hora de realizar un estudio de evaluación de los mismos.

3.1. Realidad Virtual

La **realidad virtual** consiste en *“la utilización de dispositivos que hacen que el usuario tenga la misma sensación que si estuviera interaccionando realmente con un objeto físico determinado”*[1].

Aunque el cine o los libros lo muestren como algo extraordinario, distante de la realidad, actualmente la Realidad Virtual no es una idea, no es ciencia ficción. Podemos encontrar en el día a día sistemas de Realidad Virtual como pueden ser simuladores o videojuegos, que apoyados en las últimas innovaciones en imagen y sonido introducen a la persona en un mundo en el que puede entrenarse o divertirse[2].

El nivel de parecido con la realidad dependerá de los objetivos de la aplicación. Podemos encontrar sistemas virtuales en los que se trata de reproducir determinados ambientes de la vida real, pasados (sistemas aplicados a la arqueología), presentes (simuladores o ciudades virtuales) y futuros (prototipos)[6].

Un ejemplo de sistema de Realidad Virtual es el portal *ArsVirtual* (véase Figura 1), de la Fundación Telefónica.



Figura 1: Ejemplo de sistema de Realidad Virtual [arsVirtual].

Los sistemas de realidad virtual tienen una serie de características que los diferencian de los sistemas tradicionales y que afectarán a la hora de realizar una evaluación de la usabilidad. Estas características están reflejadas en [3] y se resumen a continuación:

- **Características del entorno físico.** En ciertos entornos virtuales, el usuario está inmerso en el mundo virtual y puede perder la noción del espacio real. La libertad de movimientos del usuario y la existencia de cables o paredes pueden distorsionar las pruebas de evaluación o, lo que es peor, causar daño al usuario. Además, en ocasiones los dispositivos virtuales no permiten que el evaluador visualice la misma imagen que el usuario o no pueda estar en la misma ubicación que este. Esto hace que las pruebas de evaluación necesiten más dispositivos o más personal (por ejemplo cámaras con movimiento, configuraciones adicionales o un operador de cámara). Por otro lado, en sistemas colaborativos, la presencia de varios usuarios, la necesidad de capturar información adicional de cada usuario, el uso de interfaces distintas por parte de cada uno o incluso problemas de conexión a la red, puede influir también en los resultados.
- **Características del evaluador.** Las características de estos sistemas pueden requerir múltiples evaluadores que desempeñen distintos roles. Además, estos deben ser cautelosos para no afectar a las sensaciones del usuario, por lo que para evitar interferir en el test el evaluador debe ser claro y conciso a la hora de explicar las tareas al usuario antes de la prueba de evaluación.
- **Características del usuario.** El que el usuario no esté familiarizado con este nuevo tipo de interfaces puede afectar negativamente a los resultados obtenidos tras una prueba de usabilidad. Por lo que se debe conseguir alcanzar un punto intermedio entre usuarios expertos y novatos. La sensación de mareo o fatiga del usuario al trabajar en entornos inmersivos también afectarán a la satisfacción del usuario.

3.2. Realidad Aumentada

La **realidad aumentada** “se centra en la integración entre el computador y el entorno físico que le rodea. A diferencia de la realidad virtual, que utiliza dispositivos especiales para interpretar las acciones del usuario, la realidad aumentada pretende que el computador potencie sus actividades proporcionándole en cada momento información no intrusiva acerca de los objetos reales con los que interacciona y mediante un seguimiento de las mismas”[1].

Así, el usuario tiene una visión de la realidad “*aumentada*” (ver Figura 2), al percibir los objetos virtuales junto a los reales en el mismo espacio[6].

Actualmente podemos encontrar muchos ejemplos de la utilización de la realidad aumentada en el mundo de la publicidad o en el de los videojuegos⁷. También se está generalizando su uso en Parques temáticos y museos.

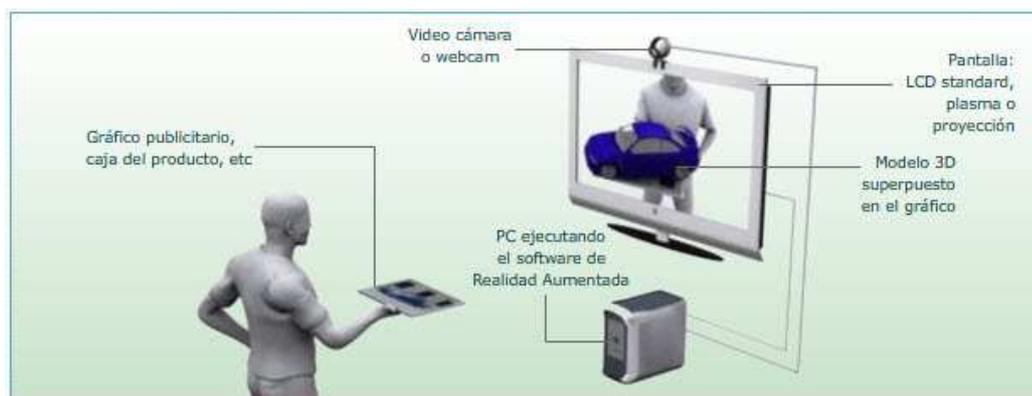


Figura 2: Ejemplo de sistema de Realidad Aumentada [RA]

Cara a la evaluación de la usabilidad de estos sistemas encontramos, al igual que en los sistemas de realidad virtual, una serie de características que los diferencian de los sistemas tradicionales y que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar una evaluación:

- **Características del entorno físico.** De la misma manera que los sistemas de realidad virtual, las nuevas formas de interaccionar hacen importante el entorno físico en el que se utiliza la aplicación. En este caso, al no perder el usuario la noción del mundo real, el peligro de tropezar con cables o paredes se minimiza.
- **Características del evaluador.** Al igual que en los sistemas de realidad virtual, el número de evaluadores puede ser mayor que en el caso de la evaluación de un sistema tradicional, debido a la aparición de nuevos roles. Pero, a diferencia que en los sistemas de realidad virtual, el evaluador puede intervenir durante el test introduciendo matices y realizando comentarios sin afectar a las sensaciones del usuario, ya que en estos sistemas el usuario no está inmerso al cien por cien en el mismo.

⁷Técnicas de realidad aumentada han sido utilizadas, por ejemplo, en la presentación de la *Guía Repsol 2010* o en el juego *InviZimals*, para *PSP*.

- **Características del usuario.** Nos encontramos con los mismos problemas que en los sistemas de realidad virtual. No obstante, problemas como los mareos o las náuseas producidos en sistemas inmersivos desaparecen en estos entornos.

3.3. Sistemas Ubicuos

La **Computación Ubicua** da nombre a un paradigma de computación “en el que la tecnología aparece integrada en elementos cotidianos de la vida real y en el que la interacción con el sistema se lleva a cabo de forma transparente al usuario. Estas características suponen un cambio tanto en la concepción de los sistemas a desarrollar como en la forma de interactuar con éstos por parte de los usuarios finales”[4].

El ideal de la computación ubicua es que los dispositivos sean “invisibles”. Es decir, se pretende que estos estén tan integrados que puedan ser usados sin tener noción de que están presentes, igual que aquel que utiliza gafas. Los dispositivos, estarán integrados en los objetos cotidianos y nos permitirán interactuar con ellos y compartirlos sin pensar en ello[11].

Este tipo de sistemas son utilizados actualmente en enseñanza. Un ejemplo de esto sería la plataforma *AULA*⁸.

Cara a la evaluación de la usabilidad, además de los aspectos comentados en los anteriores sistemas presentados, una característica que tiene este tipo de sistemas, y que debe ser tenida en cuenta a la hora de realizar una evaluación, es que el contexto de uso no es siempre el mismo. Lo que es un handicap a la hora de realizar un estudio de usabilidad, ya que esta depende en gran medida del contexto.

4. Validez de los métodos de evaluación tradicionales

Una vez que han sido presentados los métodos que tradicionalmente han sido utilizados para evaluar la usabilidad de los sistemas software y algunos de los nuevos paradigmas de interacción que actualmente se proponen, en este apartado se muestra como pueden ser utilizados estos métodos clásicos para evaluar la usabilidad de sistemas de Realidad Virtual, sistemas de Realidad Aumentada y Sistemas Ubicuos.

⁸AULA es un “entorno para el aprendizaje colaborativo mediante tareas de escritura en grupo que utilizan dispositivos móviles y permite su utilización antes, durante y después de clase y dentro y fuera del aula”[8].

Pero antes de responder a esta pregunta necesitamos precisar si la definición de usabilidad propuesta en la ISO 9241-11, presentada anteriormente, es aplicable a este tipo de sistemas.

Como cualquier producto software, un sistema de realidad virtual, de realidad aumentada o un sistema ubicuo, para ser útil, tiene que ser fácil de utilizar, ofrecer una interfaz atractiva (interfaz amigable) y debe permitir conseguir los objetivos de la manera más rápida posible y todo esto sin consumir una gran cantidad de recursos.

Como ya hemos comentado, la facilidad de uso está ligada a la satisfacción del usuario, al igual que el sistema ofrezca una interfaz atractiva. Por otro lado, la consecución rápida de objetivos está ligada a la efectividad. Además, encontramos que un consumo bajo de recursos es sinónimo de eficiencia.

Todo esto hace que podamos afirmar que la definición de usabilidad, propuesta en la ISO 9241-11, es aplicable a este tipo de sistemas objeto del presente trabajo.

Una vez visto esto, podemos proceder a contestar a la pregunta: *¿Son válidos los métodos de evaluación de usabilidad tradicionales para evaluar la usabilidad en Sistemas de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Ubicuos?*

Cualquier producto software usable debe ser diseñado incorporando características y atributos para beneficiar a los usuarios en un contexto de uso determinado[5]. Por lo que podemos pensar que si diseñamos un producto software, perteneciente a cualquiera de las tres familias objetivo de este estudio, incorporando características y atributos que beneficien a los usuarios de la aplicación en su contexto de uso, tendremos una aplicación usable y podremos utilizar para evaluar la usabilidad los métodos anteriormente propuestos. Pero este proceso por si solo no asegura que un producto sea efectivo, eficiente y satisfactorio en su uso[5]. Por lo que además de realizar un buen diseño es necesario medir el funcionamiento y la satisfacción de los usuarios trabajando con el producto.

La descripción de los procesos de evaluación de aplicaciones de realidad virtual, realidad aumentada o sistemas ubicuos no se diferencia en gran medida de la evaluación de sistemas tradicionales. Sin embargo, como se ha comentado en anteriores apartados, las particularidades de estos sistemas introducen nuevos elementos que deben tenerse en cuenta[2].

Una de las características es el entorno físico en el cual se utiliza la interfaz. En sistemas de Realidad Virtual, métodos como *Think aloud* (DGM)

pueden solucionar el problema causado por la imposibilidad de que usuario y evaluador estén en la misma ubicación ya que el usuario puede comunicar en todo momento las tareas que realiza, los objetivos que pretende lograr y sus sensaciones[3]. Aunque este tipo de métodos pueden resultar inútiles en sistemas con reconocimiento de voz por lo que un método como la *entrevista* (DGM) tras la sesión puede eliminar este problema[3].

Las sensaciones del usuario, son un factor que influyen notablemente en la satisfacción del usuario, la aplicación de *cuestionarios* (DGM) facilitarán la obtención de resultados confiables y consistentes sobre este factor[3]. De igual manera, la aplicación de métodos del grupo *EM*, en el que la participación del usuario es necesaria, nos ayudará a medir la satisfacción del usuario en estos sistemas.

En el caso de entornos colaborativos, las medidas de usabilidad enfocadas a un único usuario no son suficientes. Es necesario realizar la evaluación a otros niveles teniendo en cuenta también medidas a nivel social y organizacional[10]. Métodos como *Brainstorming*, y en general todos los pertenecientes al grupo “Collaborative Methods”, pueden facilitar la evaluación.

Distintos autores han tratado de describir el proceso de evaluación de la usabilidad de interfaces basadas en nuevos paradigmas de interacción, partiendo de métodos tradicionales de evaluación. Arturo Simón, en su tesis doctoral “Estudio y mejoras de la interacción en entornos virtuales colaborativos”, defendida en enero del año 2010, presenta tres metodologías de evaluación de la usabilidad y aplica métodos tradicionales en sus experimentos.

El que distintos autores apliquen estas técnicas tradicionales, nos hace confirmar que ciertos métodos tradicionales de evaluación de la usabilidad son útiles para evaluar la usabilidad en entornos de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y Sistemas Ubicuos. No obstante será necesario tener en cuenta las características específicas de cada tipo de entorno.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Por último, queda por presentar las conclusiones alcanzadas a raíz del trabajo realizado, así como una propuesta para un trabajo futuro.

Con el presente trabajo se pretendía llegar a la conclusión de si los métodos tradicionales de evaluación de la usabilidad son válidos para su aplicación en sistemas de realidad virtual, sistemas de realidad aumentada y sistemas

ubicuos.

Tras un estudio de diferentes trabajos realizados por distintos autores expertos en la materia, es posible concluir que los métodos tradicionales de evaluación de la usabilidad son aplicables a los sistemas objetos de este trabajo, pero teniendo en cuenta una serie de características que diferencian a este tipo de sistemas de los tradicionales.

También, es posible concluir que no todos los métodos son aplicables a todos los sistemas (ver Cuadro 2):

	DGMM		UIEM			Mixed Methods
	DG	MM	KMbM	EM	CM	
Realidad Virtual	X			X	X	X
Realidad Aumentada	X			X	X	X
Sistemas ubíquos	X			X	X	X

Cuadro 2: Métodos más adecuados para evaluar la usabilidad en los distintos sistemas objeto de este estudio.

Como se puede observar en la tabla anterior, la evaluación basada en expertos o en documentación (KMbM) es muy difícil de aplicar en este tipo de sistemas debido a que es muy complicado predecir la usabilidad de estos entornos sin estudiar a usuarios reales realizando tareas representativas en ellos[3].

También, es posible concluir que debido a las mayores posibilidades de interacción por parte del usuario en los sistemas de realidad virtual, la complejidad de las tareas a realizar aumenta siendo también complicada la aplicación de métodos de evaluación basados en modelos (MM).

Dado que la realización de pruebas con usuarios reales puede necesitar de mayor personal o que el coste económico se dispare, sería interesante adaptar estos métodos de evaluación de la usabilidad de manera que se pudieran automatizar o semi-automatizar en la medida de lo posible. Esta conclusión, podría ser objeto de nuevos casos de estudio.

Por otro lado, el bajo coste de la aplicación de métodos empíricos o basados en modelos hace que sea interesante también investigar en cómo facilitar la utilización de este tipo de métodos en entornos de realidad virtual, aumentada o sistemas ubicuos.

Por último destacar que en este tipo de sistemas factores como la eficiencia o la eficacia no son tan importantes dado que mayoritariamente priman las sensaciones del usuario. Si se cumplen las expectativas del usuario y las sensaciones de este son buenas, el grado de satisfacción de este será alto y el sistema puede considerarse válido, siempre y cuando este sea también funcionalmente correcto. De hecho, es posible observar que los métodos más recomendables para medir la satisfacción del usuario son los pertenecientes al grupo *DGM* (ver Cuadro 1) siendo este tipo de métodos, junto a los pertenecientes al grupo *EM*, los más adecuados para evaluar la usabilidad de los sistemas de realidad virtual, realidad aumentada y ubicuos no colaborativos. En el caso de sistemas colaborativos, es posible utilizar los *CMs*. El uso de métodos de evaluación mixtos ayudará a mitigar los problemas encontrados a la hora de aplicar los métodos tradicionales de evaluación de usabilidad, de manera independiente, a este tipo de sistemas. No obstante, como se ha comentado anteriormente, el uso de estos métodos nos proporciona facilidades para casi todo, pero de una forma poco estructurada.

Referencias

- [1] Abascal, Julio; Moriyón, Roberto: “*Tendencias en Interacción Persona Computador*”, 2002.
- [2] García Jiménez, Arturo S.: “*Estudio y mejoras de la interacción en entornos virtuales colaborativos*”, 2010.
- [3] Bowman, Doug; Gabbard, Joseph L.; Hix, Deborah: “*A survey of usability evaluation in virtual environments: classification and coparison of methods*”, 2002.
- [4] Giner, Pau; Torres, Victoria: “*Una propuesta basada en modelos para la construcción de Sistemas Ubicuos que den soporte a procesos de negocio*”, 2007.
- [5] ISO 9241-11. “*Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)*”, 1998.
- [6] Molina Massó, José Pascual: “*Un enfoque estructurado para el desarrollo de interfaces de usuario 3D*”, 2008.
- [7] Montero Simarro, Francisco: “*Integración de calidad y experiencia en el desarrollo de interfaces de usuario dirigidas por Modelos*”, 2005.
- [8] Paredes Velasco, Maximiliano: “*AULA: un Sistema Ubicuo de Enseñanza-Aprendizaje Colaborativo*”, 2006.
- [9] Pressman, Roger: “*Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*”. McGraw-Hill, 2002.
- [10] Iqbal, Rahat; Sturm, Janienke; Kulyk, Olga; Wang, Jimmy; Terken, Jacques: “*User-Centred Design and Evaluation of Ubiquitous Services*”, 2005.
- [11] Tesoreiro, Ricardo: “*CAUCE: Model-driven development of Context-aware Applications for Ubiquitous Computing Environments*”, 2009.
- [12] Varios autores: “*R³ UEMs: Review, Report and Refine Usability Evaluation Methods*”, 2007.

Referencias Web

- [arsVirtual] Portal Web del programa *arsVirtual* desarrollado por Fundación Telefónica. <http://www.arsvirtual.com>.
- [RA] Portal Web de la empresa *Innovae Vision S.L.* dedicado a la Realidad Aumentada. <http://realidadaumentada.info>.