

# Realidad aumentada en dispositivos móviles de uso personal en los museos



Ivette Garcia Manuel

Estudios de Informática, Multiméda y Telecomunicaciones

Universitat Oberta de Catalunya

Trabajo Final de Máster

20 de enero de 2016

## **Resumen**

El presente Trabajo Final de Master se enmarca dentro del ámbito de conocimiento de la disciplina de Interacción Persona-Computador (HCI, Human-Computer Interaction), también conocida como Interacción Hombre-Máquina (MMI, Man-Machine Interaction) o Interacción Computador-Persona (CHI, Computer-Human Interaction) y en concreto se centra en el ámbito de la Realidad Aumentada orientada a dispositivos móviles de uso personal en entornos museísticos.

El uso de las nuevas tecnologías, la capacidad y funcionalidades de los nuevos dispositivos móviles de uso personal y la labor educativa que deben ofrecer los museos actuales hacen que podamos abordar el presente trabajo de investigación que se centra en analizar, definir y establecer los elementos y criterios necesarios para que una aplicación de realidad aumentada de uso personal pueda ser accesible y usable por cualquier persona, poniendo especial atención en aspectos de interacción que puedan aportar una muy buena experiencia de usuario.

Dedico este trabajo a los dos hombres que llenan mi vida:

**A Dani**, por todo su amor y apoyo. También por hacer posibles todos mis sueños.

**A Aldier**, por ver cada día un poco más cerca el maravilloso hombre en el que llegará a convertirse.

También quiero agradecer el apoyo del resto de la familia y amigos por ayudarme a trazar el rumbo de mi vida y haber podido llegar hasta aquí. A todos ellos también dedico este trabajo.

## Agradecimientos

*El tiempo pasa,  
No nos dice nada.  
Creemos envejecidos.  
Déjanos aprender, como si  
irónicamente,  
Nos observara partir.*  
F. Pessoa

Son muchos los años de estudio que una va acumulando y es bonito poder mirar el momento presente, mientras se escriben estas líneas; el momento pasado, los que se fueron ya lejos y el instante que justo acabamos de perder; también mirar de proyectar los acontecimientos futuros que nunca serán como imaginamos pero muchas veces nos deparan maravillosas sorpresas y éxitos.

Al mirar al pasado me encuentro con las palabras de Pessoa y me siento dichosa de haber llegado hasta aquí y poder agradecer a todos los profesores y personas de las que he aprendido, todas sus enseñanzas. Gracias de todo corazón por vuestra labor y por todo lo que me habéis permitido aprender. Gracias por acompañarme en el trayecto y por haberos cruzado en mi camino. Gracias a todos por mirar de ser mejores, más humanos, todos los días. Gracias al lector que busca con avidez nuevos contenidos y aprendizajes.

Gracias por permitirme aportar esta pequeña síntesis de conocimiento.

# Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Propuesta de Investigación</b>	<b>5</b>
2.1	Justificación del tema de interés . . . . .	5
2.2	Estado del Arte . . . . .	8
2.2.1	Origen de los museos y Nueva museología . . . . .	9
2.2.2	Realidad virtual versus Realidad aumentada . . . . .	11
2.2.3	Breve introducción a los dispositivos y origen de los smartphones o teléfonos móviles inteligentes . . . . .	13
2.2.4	Interfaces de realidad aumentada en los dispositivos móviles y limitaciones . . . . .	14
2.2.5	La realidad aumentada en los museos . . . . .	15
2.2.6	Accesibilidad, usabilidad, interacción y otros aspectos que de- berían tenerse en cuenta para el diseño y desarrollo de las apli- caciones de realidad aumentada . . . . .	18
2.2.7	Conclusiones . . . . .	23
2.3	Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos . . . . .	24
2.3.1	Objetivo principal de la investigación . . . . .	24
2.3.2	Hipótesis y preguntas de investigación . . . . .	24
2.4	Metodología de investigación . . . . .	25
2.4.1	Acotación del área de estudio . . . . .	25
2.4.2	Metodología a seguir . . . . .	27
2.5	Plan de investigación . . . . .	28

## ÍNDICE

---

<b>3 Directores de la Tesis</b>	<b>33</b>
3.1 Directores propuestos . . . . .	33
3.1.1 Publicaciones de David Garcia Solórzano . . . . .	34
3.1.2 Publicaciones de Enrique Guaus Termens . . . . .	36
<b>Bibliografía</b>	<b>41</b>

# 1

## Introducción

El uso de las nuevas tecnologías, la capacidad y funcionalidades de los nuevos dispositivos móviles de uso personal y la labor educativa que deben ofrecer los museos, hacen que podamos plantearnos llevar a cabo un trabajo de investigación enmarcado en el diseño y desarrollo de exposiciones museísticas que hacen uso de la realidad aumentada, en dispositivos móviles de uso personal, en entornos museísticos.

Esta investigación se centrará en los aspectos que deberán tenerse en cuenta para poder determinar como deben mostrarse los contenidos, de realidad aumentada, que pueden ofrecerse a los visitantes de un museo, haciendo uso de sus propios dispositivos móviles, al tiempo que analizará aspectos de diseño y de interacción de las interfaces para conseguir que éstas sean agradables, accesibles, intuitivas, de fácil uso y permitan una buena experiencia al usuario. Para esto, será necesario adentrarnos en distintas cuestiones: antecedentes e historia, tecnología, aplicaciones y herramientas así como otros aspectos de importancia que tienen relación con el aprendizaje, la interacción de las personas con las máquinas y la satisfacción y emociones que tiene el usuario que experimenta con una aplicación de realidad aumentada. También se deberán tener en cuenta otras cuestiones, como el tipo de espacios, interiores o exteriores, dónde se llevaran a cabo las exposiciones (Orozco Coba and Matarrese, 2014) o si las experiencias planteadas serán individuales o colectivas. Poco a poco, en el presente trabajo, nos iremos adentrando en estas cuestiones y otras que nos permitirán mostrar al lector el estado del arte de la temática a tratar.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Cabe decir que el uso de las tecnologías de realidad virtual y de realidad aumentada en los museos no son recientes y encontramos artículos e investigaciones realizadas desde la década de los noventa, si bien es cierto que la tecnología que se podía usar en ese momento dista mucho de las posibilidades que nos ofrecen los dispositivos actuales, sobretodo si tenemos en cuenta las prestaciones de los dispositivos móviles de uso personal que llevamos con nosotros a todas partes en nuestro día a día.

El presente trabajo se adentra en el ámbito de las aplicaciones de realidad aumentada en los museos y nos presenta algunos aspectos que destacan, de algunos trabajos de investigación, que nos permitirán poder partir de un conocimiento profundo en el ámbito de la interacción en el campo del patrimonio cultural, arqueología o actividades museísticas, donde vemos que muchas veces éstas se basan en el simple hecho de la navegación.

Otros aspectos de interés, de cara a abordar la temática, los encontramos al identificar que muchas veces la razón de la visita al museo es la curiosidad de los visitantes (Gabellone, 2015), cuestión que se deberá tener en cuenta a la hora de presentar sistemas digitales interactivos en los museos. Cabe remarcar también, otra cuestión interesante como es el hecho de que muchas facetas del patrimonio cultural sólo pueden ser mostradas a través de la experimentación por medio de instalaciones audiovisuales interactivas, cuestión que actualmente se define como patrimonio e-tangible (Hernández-Ibáñez, 2010).

A partir de lo anterior, el presente trabajo centrará la temática que debe servir de base a una futura investigación que permita mejorar las experiencias de los usuarios que hagan uso de aplicaciones de realidad aumentada, directamente desde sus propios dispositivos móviles, en entornos museísticos.

El uso de las nuevas tecnologías, la capacidad y funcionalidades de los nuevos dispositivos móviles de uso personal y la labor educativa que deben ofrecer los museos actuales, hacen que podamos plantearnos llevar a cabo una investigación en este ámbito, enmarcada en la usabilidad e interacción, el diseño y desarrollo de exposiciones museísticas que hacen uso de la realidad aumentada en dispositivos móviles de uso personal.



---

La investigación llevada a cabo hasta el momento revisa el estado del arte y las líneas de investigación que actualmente están abiertas en el ámbito de la realidad aumentada en los museos, que hacen uso de dispositivos móviles. A partir de este punto se pretende poder realizar una investigación más amplia que pueda dar respuesta distintas hipótesis que lleguen a determinar cuál es la mejor forma de reconocer i alinear una determinada obra (cuadros, esculturas, etc,...) una vez realizada una captura de imagen con un dispositivo móvil, teniendo en cuenta al usuario o usuarios que interactúan con esa obra, el espacio en el que se encuentran y las funciones y objetivos de los museos.

## 1. INTRODUCCIÓN

---

## 2

# Propuesta de Investigación

## 2.1 Justificación del tema de interés

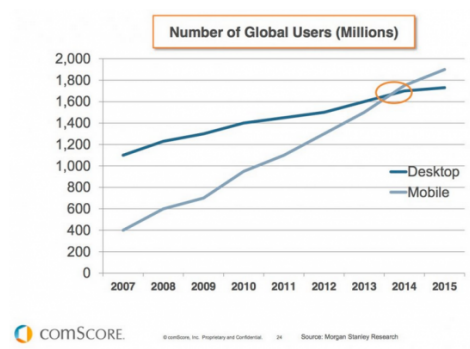
Los museos son instituciones dedicadas al rescate, conservación, investigación y difusión del patrimonio cultural de distintos alcances: el mundo, un país, una región, una localidad, una etapa histórica, una etnia, una especialidad del conocimiento, una serie de eventos memorables, etcétera (Novelo, 2008). Éstos deben potenciar la relación entre el museo, sus contenidos y su público, con el objetivo de conseguir una relación más cercana con los visitantes, desde el punto de vista educativo y comunicativo. En este sentido, los museos también deben asegurar que tanto el acceso que ofrecen como el servicio, sea no sólo satisfactorio, sino universal y común para todos y cada uno de los ciudadanos, ¿pero se tienen en cuenta las necesidades especiales que pueden tener los ciudadanos?. Existen alrededor de 650 millones de personas, es decir, el 10 por ciento de la población mundial, con alguna discapacidad (Alonso López et al., 2010). Estas personas acostumbran a encontrarse con distintos obstáculos que los discriminan a pesar de que las leyes les amparan en igualdad de derechos y acceso a los bienes y servicios (Liarokapis et al., 2004). Estos motivos deberían ser suficientes para que las aplicaciones que se creen tengan en cuenta la accesibilidad, que uno de los temas de interés de este estudio.

Por otro lado, el número de usuarios de dispositivos móviles de uso personal está creciendo 2.1 y se espera que este número siga aumentando a lo largo de los próximos años. Se estima que más de mil millones de personas acceden actualmente a Internet a

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

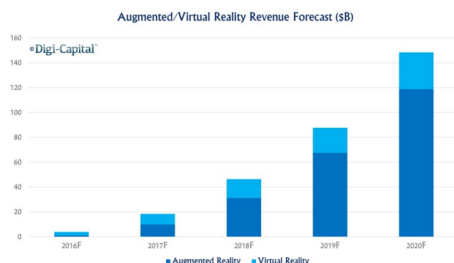
través de terminales móviles y se espera que estos datos se incrementen. En definitiva, cada vez hay más personas que disponen de su propio terminal móvil y su uso, ya generalizado, forma parte de nuestra cotidianidad.



**Figura 2.1:** Número de usuarios de dispositivos móviles y dispositivos de sobremesa  
Fuente:(Morgan Stanley Research)

Podemos decir que los dispositivos se han integrado a nuestras vidas y los usamos de forma habitual para realizar distintas actividades. De este modo, vemos como las nuevas tecnologías facilitan el acceso a la información de forma inmediata y actualizada, nos ayudan a conocer mejor nuestro entorno próximo y entornos alejados y remotos, las usamos para realizar actividades de entretenimiento y ocio, entre otras

También se espera un crecimiento importante en el uso de aplicaciones de realidad aumentada 2.2. La realidad aumentada (AR, de las siglas del término inglés Augmented Reality) es un término usado para describir sistemas en los que se superpone la información generada por ordenador con información del mundo real (Pan et al., 2006).



**Figura 2.2:** Crecimiento esperado de la realidad virtual y realidad aumentada, desde el año 2016 al año 2020.

## 2.1 Justificación del tema de interés

---

Si añadimos al uso de los dispositivos móviles, la tecnología de la realidad aumentada para crear una experiencia e imagen visual, al usuario, que le proporcione mucha más información de la que sus sentidos naturales pueden brindarle o captar (Orozco Coba and Matarrese, 2014); construiremos una experiencia inmersiva que proporcione información de un modo interactivo (Dearlove et al., 2008).

En este contexto, tiene sentido pensar en hacer uso de esta tecnología, a través de los dispositivos móviles de uso personal, para conseguir esa relación más cercana entre el museo y su público, dado que además, las tecnologías como la realidad aumentada se alinean con esta función (Rimkus, 2013).

Las capacidades y funcionalidades de los nuevos dispositivos móviles de uso personal, el incremento de usuarios de estos dispositivos y tecnologías así como la labor educativa que deben ofrecer los museos actuales, hacen que podamos plantearnos llevar a cabo el presente trabajo, que se enmarca en el diseño y desarrollo de exposiciones museísticas y se centrará en cómo deben mostrarse los contenidos, de realidad aumentada, que pueden ofrecerse a los visitantes de un museo, haciendo uso de sus propios dispositivos móviles, al tiempo que analizará aspectos de diseño y aspectos de interacción de las interfaces para conseguir que éstas sean agradables, accesibles, intuitivas y de fácil uso, que puedan permitir una buena experiencia al usuario.

Simplemente la tendencia de uso de los dispositivos móviles y su fácil portabilidad así como el hecho de que el terminal disponga de una interfaz conocida por el usuario ya facilita que podamos hablar de usabilidad y podamos pensar en ofrecer una buena experiencia al usuario que pueda llegar a usar una aplicación de realidad aumentada bien diseñada; cuestión que debería ser posible si además tenemos en cuenta que la realidad aumentada nos permitirá diluir las barreras entre el mundo real y el virtual al que podremos acceder a través del dispositivo.

Por otro lado no debemos olvidarnos que el presente trabajo se centra en la usabilidad y accesibilidad de las aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles de uso personal y por tanto deberán tenerse en cuenta distintos aspectos de accesibilidad y usabilidad que puedan aportar una muy buena experiencia al usuario independientemente

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

del dispositivo móvil desde el que haga uso de la aplicación de realidad aumentada. En este sentido cabe mencionar que los dispositivos móviles han sufrido una fragmentación muy elevada contando actualmente con más de 24.000 dispositivos diferentes sólo para la plataforma Android 2.3. No sólo tenemos fragmentación en cuanto a tamaños de pantalla o resoluciones sino también en cuanto a diferentes sistemas operativos y versiones de los mismos 2.4.

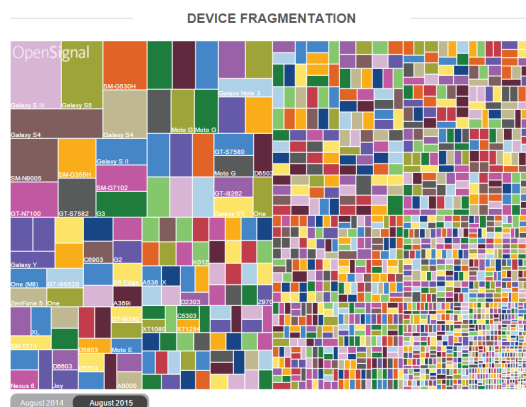


Figura 2.3: Fragmentación de los dispositivos móviles Fuente:(OpenSignal)

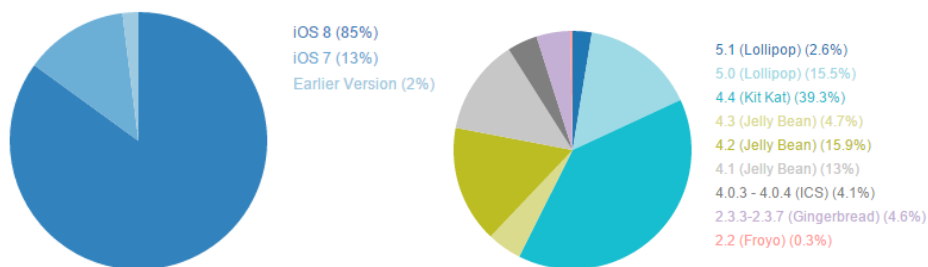


Figura 2.4: Fragmentación de los sistemas operativos iOS y Android y de sus distintas versiones Fuente: (OpenSignal).

### 2.2 Estado del Arte

Para enmarcar el Estado del Arte será necesario adentrarnos, tal como ya se ha citado en la introducción del presente trabajo, en distintas cuestiones: antecedentes, historia y origen de los museos, distintos aspectos de la tecnología y diferencias entre realidad

virtual y realidad aumentada, uso y origen de los actuales dispositivos móviles y limitaciones de la tecnología actual. También centraremos nuestra atención en el uso de la realidad aumentada en el contexto que nos interesa, los museos, donde se mostraran algunas aportaciones y éxitos conseguidos en este ámbito. Por otro lado también nos adentraremos en otros aspectos, no menos importantes, que tienen relación con el aprendizaje, la interacción de las personas con las máquinas y la satisfacción y emociones que tiene el usuario al experimentar con una aplicación de realidad aumentada. Así mismo, deberemos tener en cuenta otras cuestiones, como el tipo de espacios, interiores o exteriores, dónde se llevaran a cabo dichas exposiciones (Sánchez Riera and Redondo Domínguez, 2011) o si las experiencias planteadas serán individuales o colectivas. Otras cuestiones en las que probablemente será necesario detenernos puede que sea en el tipo de exposiciones que vayan a ser objeto o candidatas de tener una aplicación de realidad aumentada asociada. En este sentido probablemente podemos intuir que muy probablemente van a tener que tratarse de forma diferente las aplicaciones de realidad aumentada que añadan información a un museo de arte de aquellas que pretendan añadir información a un museo de zoología o botánica, por ejemplo. De ahí que pueda resultar interesante realizar también un análisis y clasificación de la información patrimonial así como del tipo de información que puede llegar a demandar el usuario y debería poder ofrecérsele, ante los distintos escenarios que se puedan tener en cuenta.

### 2.2.1 Origen de los museos y Nueva museología

La definición etimológica de la palabra museo procede de la palabra griega *mouseion*, que significa templo de las musas, y que se encontraba en la colina de Helicón, en Atenas (Castilho, 2012). Un templo levantado a las diosas de las artes y las ciencias.

Los museos que conocemos en la actualidad se constituyeron en el siglo XVIII, la mayor parte de ellos provenían de grandes colecciones privadas o reales. En 1750, el gobierno francés comenzó a admitir público, sobre todo artistas y estudiantes, dos veces por semana, para que contemplaran unos 100 cuadros colgados en el Palacio de Luxemburgo de París, cuya colección se trasladó después al Museo del Louvre, que fue abierto al público durante la Revolución. El Museo Británico de Londres fue fundado como institución pública en 1753, pero los visitantes tenían que solicitar la entrada por escrito. Aún en 1800 era posible tener que esperar dos semanas para conseguir una

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

entrada, y los visitantes, en pequeños grupos, sólo podían permanecer dos horas. En 1773, en Roma, el Papa Clemente XIV abrió el Museo Pio-Clementine, que contenía la mayor colección del Vaticano, tal como la conocemos hoy en día o en 1771 abría el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (Alexander and Alexander, 2007).

En 1793, una ley francesa ya definía el museo como "una colección o serie de colecciones, accesible a todos los ciudadanos, con una función educativa y recreativa" (Del Blanco, 2011; VV.AA, 2002).

La principal característica de los museos, en comparación con las colecciones privadas que les precedían, es que el significado atribuido a los objetos no es arbitrario, y en segundo lugar que las colecciones deben ser accesibles a un público que espera obtener algún beneficio educacional de la experiencia, cuestión que se incorpora en la década de los 60, con la llamada Nueva Museología (Vergo, 1997). Hoy, tecnologías como la realidad aumentada, RA o AR, (de Augmented Reality, en inglés) se alinean con esta función (Rimkus, 2013).

La nueva museología recogía también la voluntad (y necesidad) de grandes cambios en el diseño y gestión de unas entidades cuya conceptualización pertenecía al siglo XIX. Entre otros aspectos, se subrayaba la participación del público en el museo, que se convierten en sujetos activos (Novelo, 2008), mientras que hasta entonces lo importante eran los objetos, no los sujetos. De este modo, en 1971 el Consejo Internacional de Museos de la UNESCO establece que a la función tradicional del museo se le debe sumar el servicio social recalcando la labor educativa. Los nuevos museos deben potenciar la relación entre el museo, sus contenidos y su público. También deben asegurar que tanto el acceso como el servicio sea universal y satisfactorio. Sin embargo existen algunas barreras de accesibilidad para determinados grupos de usuarios, como las personas con discapacidad sensorial, que resultan complejas de superar. En la mayoría de los casos una persona con discapacidad visual no puede acceder a un cuadro, del mismo modo que una persona con discapacidad auditiva tiene dificultad o no puede atender a las explicaciones verbales de un guía o a las locuciones de los videos que se proyecten (Moreno et al., 2008).



### 2.2.2 Realidad virtual versus Realidad aumentada

La Realidad virtual (VR, de las siglas del término inglés Virtual Reality) comprende el uso de sistemas gráficos generados por ordenador en combinación con varios dispositivos de interfaz de visualización (pantallas) para proporcionar un efecto de inmersión en un entorno interactivo en tres dimensiones, generado por ordenador (Pan et al., 2006). Dicho de otro modo, en la realidad virtual el sujeto está inmerso en un mundo completamente virtual (Hoff et al., 1996), en el cual ningún elemento se superpone a la realidad.

En cambio, la Realidad aumentada (AR, de las siglas del término inglés Augmented Reality) es un término usado para describir sistemas en los que se superpone la información generada por ordenador con información del mundo real (Pan et al., 2006), captada por la cámara del dispositivo. Un sistema de Realidad aumentada complementa el mundo real con objetos del mundo virtual, generando la sensación de coexistencia de los elementos en un mismo espacio del mundo real (Azuma et al., 2001).

La realidad aumentada podríamos decir que no es una tecnología nueva. (Höllerer et al., 1999) ya nos habla de interfaces de realidad aumentada en dispositivos móviles. No obstante, la tecnología y los dispositivos citados en esa época 2.5a poco o nada tienen que ver con las posibilidades que nos puede ofrecer la tecnología actual. Sin ir tan lejos podemos ver como la tecnología de hace menos de una década 2.5b poco se parece a las posibilidades que nos ofrece la tecnología actual.

Como podemos intuir, las tecnologías más prometedoras hoy en día pueden quedar obsoletas el día de mañana, tal como cita (Gabellone, 2015).

La realidad aumentada proporciona al usuario estímulos artificiales, añadidos, que amplían o aumentan su percepción del entorno en el que se desenvuelve. Estos estímulos artificiales son proporcionados por computadoras que emplean la información registrada por sensores, GPS, cámaras, acelerómetros, podómetros, Bluetooth, etc. para crear una experiencia e imagen visual, al usuario, que le proporcione mucha más información de la que sus sentidos naturales pueden brindarle o captar (Orozco Coba and Matarrese, 2014).

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---



(a) Usuario llevando un prototipo de MARS (Mobile Augmented Reality System) de 1999.



(b) Dispositivo Nokia95, lanzado en 2007

**Figura 2.5:** Evolución de la tecnología móvil

Un sistema de Realidad aumentada, según Azuma, tiene las siguientes propiedades:

- Combina objetos reales y virtuales en un entorno real
- Se ejecuta de forma interactiva y en tiempo real
- Alinea e integra objetos reales y virtuales entre sí.

Los entornos de realidad aumentada ofrecen no sólo la capacidad de añadir objetos sino también de sustraerlos digitalmente (Azuma et al., 1997). Al tiempo, es importante mencionar que podemos aumentar cualquier tipo de información que provenga de cualquiera de nuestros sentidos, aunque generalmente hablamos o entendemos que se trata de aumentar información visual, otros sentidos (oído, tacto, olfato) también pueden ser potencialmente aumentados (Azuma et al., 2001; Höllerer, 2004; Van Krevelen and Poelman, 2010).

Tanto para la realidad virtual como para la realidad aumentada existen una serie de fases, que pueden ser representadas en una pirámide (Bimber and Raskar, 2005) con distintos niveles. En el primer nivel nos encontramos los elementos básicos de la tecnología, como los sistemas de tracking y registro, dispositivos de visualización o displays

y renderización; en un segundo nivel están los elementos más complejos, como son la interacción, presentación y autoría; el tercer nivel lo forman las aplicaciones que constituyen el interfaz con el usuario; y en el último nivel están los usuarios o consumidores finales de dicha tecnología. Según (Bimber and Raskar, 2005), mientras que la comunidad científica se encuentra en el segundo nivel de desarrollo para el caso de la realidad virtual, la realidad aumentada se encuentra todavía en el primer nivel, cuestión que nos hace determinar que todavía queda mucho recorrido por hacer en esta área y más si tenemos en cuenta la aplicación de la realidad aumentada en los dispositivos móviles de uso personal. En este sentido, (Sorrell, 2015) nos presenta un estudio que indica que la realidad aumentada móvil será utilizada por unos 200 millones de usuarios en 2018, un dato relevante si tenemos en cuenta que este año lo han usado unos 60 millones de personas.

### 2.2.3 Breve introducción a los dispositivos y origen de los smartphones o teléfonos móviles inteligentes

Cuando hablamos de tecnologías móviles, éstas incluyen todos los dispositivos informáticos que permiten la conexión a Internet y la comunicación desde cualquier lugar y en cualquier momento. Las tecnologías celulares e inalámbricas permiten conectarnos, de forma permanente, al trabajo, amigos y familiares, independientemente de nuestra ubicación física (Gleason, 2015).

Si entramos un poco en la historia de los dispositivos móviles, podemos encontrar sus orígenes a finales de la década de los setenta y principios de los ochenta.

En 1979, una pantalla de audio móvil cambió la forma en la gente escuchaba a la música: el Walkman de Sony. Fue uno de los tres productos más exitosos de la década de 1980. Los otros dos fueron los patines de ruedas y los relojes digitales (otro tipo de dispositivo móvil). Este éxito comercial allanó el camino para otros dispositivos móviles, entre ellos las agendas digitales. Ese primer Walkman de Sony pesaba sólo 390g, sin contar las baterías y cinta de audio, en cambio, hoy en día nos encontramos con que muchos reproductores de MP3 pesan menos de 40 gramos, incluyendo las baterías (Höllner, 2004), o vemos como los smartphones actuales pesan alrededor de unos 130gramos. En este sentido podemos decir que los sistemas de cálculo personales (del término inglés

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

”wearable computing”) despegaron en la década de 1990, a medida que los ordenadores personales iban adquiriendo tamaños suficientemente pequeños hasta llegar a los dispositivos que tenemos actualmente y que permiten que las personas los usen y lleven consigo a todas partes. Más de mil millones de personas acceden a Internet a través de sus terminales móviles actualmente.

### 2.2.4 Interfaces de realidad aumentada en los dispositivos móviles y limitaciones

Las interfaces de realidad aumentada pueden ser estáticas o móviles (MARS, de las siglas del término inglés Mobile Augmented Reality Systems) (Höllner et al., 1999), pero la mayor limitación a la que se enfrentan los MARS al emplear dispositivos móviles comerciales es la precisión (Wither et al., 2011), dado que estos aparatos ajustan las perspectivas y movimientos en las aplicaciones de realidad aumentada basándose en sensores (GPS, acelerómetros, giroscopios,...) y éstos pueden tener limitaciones. Por ejemplo, los sensores de GPS basan su ubicación en las señales que reciben de los satélites en órbita y su efectividad puede verse afectada tanto por la calidad del hardware como por la ubicación en la que se use el dispositivo. En este sentido tenemos que un hardware de gama baja puede provocar inexactitud en los datos, sobretodo cuando hablamos de distancias cortas, con una inexactitud en la geolocalización de hasta 50 metros (Sánchez Torreblanca, 2012; Thomas et al., 2000). También podemos tener problemas cuando estos dispositivos se usan en recintos cerrados o bajo tierra, donde los muros pueden bloquear las señales. Así mismo, los sensores de detección de movimiento presentan márgenes de error de cálculo de orientación de entre 5° y 10° (Wither et al., 2011), No obstante, los dispositivos móviles cada vez són más potentes y están dotados de mejores algoritmos de seguimiento sin marcadores, cosa que hará posible que la experiencia de realidad aumentada sea cada vez mejor (Dearlove et al., 2008).

Además de éstas limitaciones existen otras inherentes a las conexiones inalámbricas y al ancho de banda en las comunicaciones TCP/IP para poder ofrecer graficos complejos en tiempo real al usuario (Azuma et al., 2001), cuestión que hará debamos valorar el modo y la calidad de los gráficos que queremos ofrecer al usuario en cada momento.

### 2.2.5 La realidad aumentada en los museos

Muchas aplicaciones de Realidad Virtual y Realidad Aumentada – sobre todo en el campo del patrimonio cultural, arqueología o actividades museísticas – se basan en el simple hecho de la navegación. Según dice (Murray, 1999) ”la habilidad para moverse a través de los espacios virtuales es un placer en sí misma, independientemente del contenido de tales espacios”; y añade ”construir el espacio y moverse a través de él explorándolo (...) es una actividad placentera independientemente de que el espacio sea virtual o real”. Así pues, muchas aplicaciones de Realidad Virtual y Realidad Aumentada – sobre todo en el campo del patrimonio cultural, arqueología o actividades museísticas – se basan en el simple hecho de la navegación, y por tanto este concepto debe merecer especial atención a lo largo del desarrollo del presente trabajo.

Debemos recordar que el arte y los museos están relacionados con el conocimiento y el aprendizaje, tal como ya hemos avanzado. De este modo, vemos como la aplicación de las tecnologías audiovisuales en el ámbito de la museística ha tenido en los últimos años una tendencia creciente, debido a la capacidad del medio audiovisual para complementar lo expuesto y aportar un valor añadido a las piezas objeto de muestra así como ilustrar conceptos de cara a la mejor interpretación de las exposiciones por parte de los visitantes (Hernández-Ibáñez, 2010). También existen numerosos estudios que tratan aspectos relativos al comportamiento de los visitantes y su interacción con la exposición, otros sobre los soportes comunicativos de la exposición o sobre el aprendizaje de los contenidos expositivos y un resultado común en las evaluaciones de exposiciones es que el aprendizaje de los visitantes no es tan importante como se espera desde una perspectiva puramente educativa (Asensio et al., 2012; Shettel, 1973) ni las técnicas de evaluación no son lo suficientemente sensitivas para evaluar el cambio que ocurre en el sujeto como resultado de la asistencia a una exposición (Pérez Santos, 1998). Por otro lado, a menudo simplemente se aplica la tecnología siguiendo los esquemas tradicionales de los museos, sin prestar demasiada atención a la experiencia del visitante, concretamente en lo concerniente al modo en como los usuarios esperan interactuar con el sistema o en lo relativo a los factores cognitivos y estéticos que podrían tenerse en cuenta (Alisi et al., 2005). En este sentido puede decirse que los museos tienen una mirada sobre el desarrollo histórico bastante lineal, se trate de museos de

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

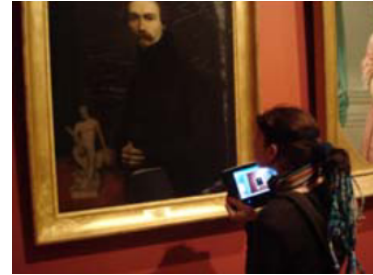
---

antropología, de historia o de arte. El devenir es siempre cronológico y la museografía agrupa objetos en un supuesto orden de evolución que va de lo primitivo a lo complejo, las clasificaciones se orientan por la geografía, los materiales, los autores y los estilos de los objetos; la dinámica social, si es que aparece, lo hace expresada en etapas que se suceden siguiendo casi siempre a grandes personajes que emprendieron guerras, batallas o movimientos sociales. Los museos son como las historias patrias: llenas de héroes, personajes, catástrofes y sucesos sin explicación. Habitualmente, de su modo de exposición, no pueden inferirse conflictos sociales, ni diferenciaciones, ni contextos que ubiquen lo que se está contemplando. (Novelo, 2008). Por estos motivos puede tener sentido analizar en un futuro si todas las aplicaciones de realidad aumentada que encontramos en el ámbito cumplen o no esta premisa así como determinar las ideas innovadoras que han podido surgido en la forma de mostrar la información para dotar de una mayor autonomía al usuario a la hora de escoger los contenidos y la forma en la que quiere realizar su aprendizaje. Quizá podríamos pensar en ofrecer aplicaciones de realidad aumentada que permitan a los usuarios escoger diferentes escenarios, no sólo uno, a partir del cual puedan generarse contenidos así como diversas historias que le permitan adentrarse, tanto como desee, en ese conocimiento, desde distintas perspectivas.

Centrándonos de nuevo en las aplicaciones de realidad aumentada que encontramos en los museos podemos decir que es importante tener en cuenta que las tecnologías más prometedoras hoy en día pueden quedar obsoletas el día de mañana, tal como cita (Gabellone, 2015). En ese sentido puede ser importante tener en cuenta, al diseñar y desarrollar una aplicación de realidad aumentada, que ésta pueda llegar a tener valor a lo largo del tiempo.

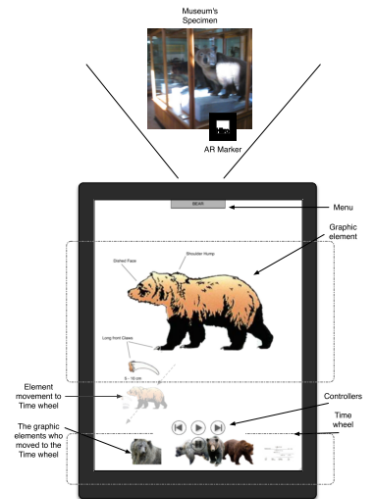
Diversos autores han presentado guías museísticas de realidad aumentadas, totalmente funcionales, para ser usadas en dispositivos móviles. Por ejemplo encontramos el prototipo diseñado para el Museo de Bellas Artes de Rennes (Francia). En este caso, la aplicación de realidad aumentada se basa en un sistema de marcadores pero en el que en lugar de agregar los marcadores al espacio expositivo se optó por utilizar los objetos reales del museo como marcadores, siendo ésta una solución discreta y que no requiere de una mayor infraestructura en el museo ni instalación adicional (Damala et al., 2008) 2.6.

En otros casos vemos como se ha optado por identificar POI (puntos de interés) en las obras para influir en la mirada y guiar al espectador a través de la escena. En estos casos se piensa en la obra desde un punto narrativo, dónde se nos muestra la forma óptima de recorrer y entender la obra (Mcnamara, 2011).



**Figura 2.6:** Interacción directa con las obras expuestas

Las opciones a partir de las que podemos presentar la información pueden ser diversas y deberán tenerse en cuenta, aspectos relativos a los usuarios como relativos a las necesidades y preferencias de los museos. Por ejemplo vemos el caso del museo Banff Park Museum, situado en Canadá, dónde el primer requisito del museo era que no se modificase ni el espacio físico ni la exhibición del museo, cuestión nada sencilla si tenemos en cuenta que este museo tiene más de 100 años y sus contenidos no han cambiado desde entonces (Mor et al., 2012) 2.7.



**Figure 2.** The application's UI.

**Figura 2.7:** Aplicación para el Banff Park Museum

Por otro lado, en los últimos años se están dedicando considerables esfuerzos en la búsqueda de formas de comunicación entre humanos y máquinas, en la línea de que sean los ordenadores quienes perciban los deseos de los usuarios y actúen en consecuencia. Hablamos en este caso de interfaces naturales. En este ámbito tenemos algunos autores, como (Alisi et al., 2005) o (Baraldi et al., 2015), que se han preocupado por esta cuestión y nos presentan sistemas multimedia que funcionan en espacios públicos culturales.

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

### 2.2.6 Accesibilidad, usabilidad, interacción y otros aspectos que deberían tenerse en cuenta para el diseño y desarrollo de las aplicaciones de realidad aumentada

La accesibilidad de los contenidos digitales también es un campo que podríamos creer reciente, así vemos como las primeras pautas de accesibilidad para el contenido web, WCAG 1.0, del W3C1 datan de mayo de 1999 y las últimas directrices, WCAG 2.0, de finales de 2008.

Cumplir con las directrices no acostumbra a ser una tarea fácil y son pocos los contenidos que encontramos plenamente accesibles. Ahondar en este aspecto y poder sentar las bases que debería cumplir una aplicación de realidad aumentada en este sentido, cuestión de suma importancia si tenemos en cuenta, como ya hemos mencionado, la función social y educativa que tienen los museos.

En relación a la importancia de la accesibilidad, actualmente, la mayor parte de países, tienen normativas y leyes que fomentan la igualdad y tratan de disminuir las barreras existentes, tanto en el acceso a espacios públicos como en el acceso a los contenidos, con la finalidad de garantizar el conjunto de derechos humanos a todo el mundo y de no fomentar la discriminación.

Cabe decir que el 10 por ciento de la población mundial tiene algún tipo de discapacidad (Alonso López et al., 2010) o necesidad especial. Estas personas acostumbran a encontrarse con distintos obstáculos que los discriminan a pesar de que las leyes les amparan en igualdad de derechos y acceso a los bienes y servicios. (Liarokapis et al., 2004) discute cuestiones centradas en el acceso a los museos por parte de personas con necesidades especiales y menciona los beneficios que pueden tener al encontrarse frente a un sistema de realidad virtual o aumentada (Rizzo and Buckwalter, 1997), aunque son muchas y distintas las discapacidades o limitaciones que pueden tener los usuarios y en estos artículos sólo se contempla una parte de las mismas, quedando mucho espacio y trabajo por realizar, en este campo.

Entendemos que es un campo poco explorado, dado que no hemos sido capaces de



encontrar artículos que traten la presente temática. (Moreno et al., 2008) 2.8 nos presenta una propuesta de requisitos de accesibilidad a considerar para el diseño de una guía electrónica en el dominio de aplicación de museos y aporta mecanismos de accesibilidad basados en estándares, normativa y estudios sólidos. No obstante, este artículo no se centra en el ámbito de la realidad aumentada, aunque es quien aborda más de cerca algo parecido a uno de los aspectos que deseamos explorar a lo largo de la presente investigación.

COMPONENTES afectados por la accesibilidad	ACCESO 1: AUDIODESCRIPCIÓN Y AUDIONAVEGACIÓN		ACCESO 2: SUBTITULADO		ACCESO 3: LENGUA DE SIGNOS	
	MECANISMOS DE ACCESIBILIDAD	NORMATIVAS, ESTÁNDARES, GUÍAS	MECANISMOS DE ACCESIBILIDAD	NORMATIVAS, ESTÁNDARES, GUÍAS	MECANISMOS DE ACCESIBILIDAD	NORMATIVAS, ESTÁNDARES, GUÍAS
<b>Imagen</b>	Audio del texto alternativo	WCAG 1.0 (Pauta 1) [1] UNE 139803:2004 [9] NCAM-Pauta A [2] UNE 153020:2005 [3]	Texto alternativo, con lenguaje claro y sencillo	WCAG 1.0 (Pauta 1) [1] UNE 139803:2004 [9] NCAM-Pauta A [2] Criterios de Usabilidad	Texto alternativo, con lenguaje claro y sencillo	WCAG 1.0 (Pauta 1) [1] UNE 139804:2007 [3] Criterios de Usabilidad
<b>Texto</b>	Locución (del texto alternativo)	WCAG 1.0 (Pauta 14) [1] UNE 139803:2004 [9]	Utilizar un lenguaje claro y sencillo	WCAG 1.0 (Pauta 14) [1] UNE 139803:2004 [9]	Utilizar un lenguaje claro y sencillo Lengua de Signos	WCAG 1.0 (Pauta 14) [1] UNE 139804:2007 [3] [8]Guidelines-cwe14835/ [7]
<b>Audio</b>	Audio	UNE 153020:2005 [3] WCAG 2.0 (Pauta 1.2) [1] NCAM-Pauta H [2]	Subtitulado	UNE 153010:2003 [5] NCAM-Pauta H [2]	Lengua de Signos	Guidelines-cwe14835/ [7] [8]UNE 139804:2007 [8] WCAG 2.0 (Pauta 1.2) [1]
<b>Video</b>	Audiodescripción	UNE 153020:2005 [3] WCAG 2.0 (Pauta 1.2) [1]	Subtitulado	UNE 153010:2003 [5]	Lengua de Signos	Guidelines-cwe14835/ [7] [8]UNE 139804:2007 [8] WCAG 2.0 (Pauta 1.2) [1]
<b>Menu de navegación</b>	Audionavegación	UNE 153020:2005 [3] NCAM Guide talking menu [4] WCAG 1.0 (Pauta 1) [1] UNE 139803:2004 [9]	Iconos, elementos gráficos identificativos Alertas visuales para los eventos	WCAG 1.0 (Pautas 1,14) [1] UNE 139803:2004 [9] Cognitive Ergonomics Group. UGR [6]	Iconos, elementos gráficos identificativos Alertas visuales para los eventos	WCAG 1.0 (Pautas 1,14) [1] Cognitive Ergonomics Group. UGR [6]

Figura 2.8: Componentes afectados por la accesibilidad

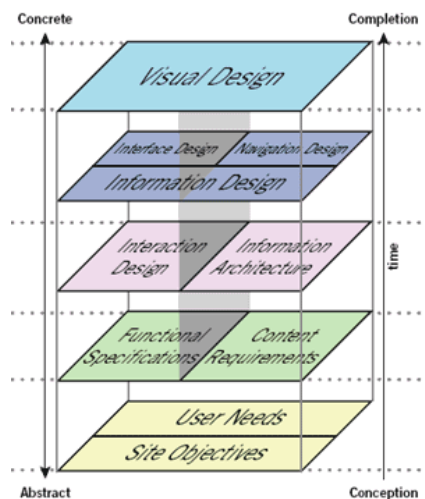
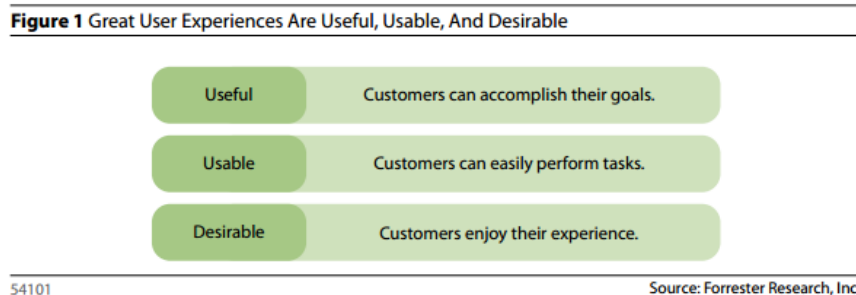


Figura 2.9: Elementos de la UX

Por otro lado, (Garrett, 2000) nos presentó una nueva disciplina conocida como experiencia de usuario (UX, de User Experience) 2.9. A pesar de que el concepto de experiencia de usuario surgió en el año 2000, ha sido muy recientemente cuando este concepto se ha ido integrando a la forma de diseñar aplicativos y productos, notando un interés creciente por el término y su uso, que se ha ido desarrollando y depurando por distintos autores como (Gualtieri, 2009; Morville, 2005) 2.10 o el propio (Garrett, 2010) 2.11. Aunque no hay una definición consensuada (Law et al., 2009), podríamos decir que la experiencia de usuario es el conjunto de factores y elementos relativos a la interacción del usuario, con un entorno o dispositivo concretos, cuyo resultado es la

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

generación de una percepción positiva o negativa de dicho servicio, producto o dispositivo.

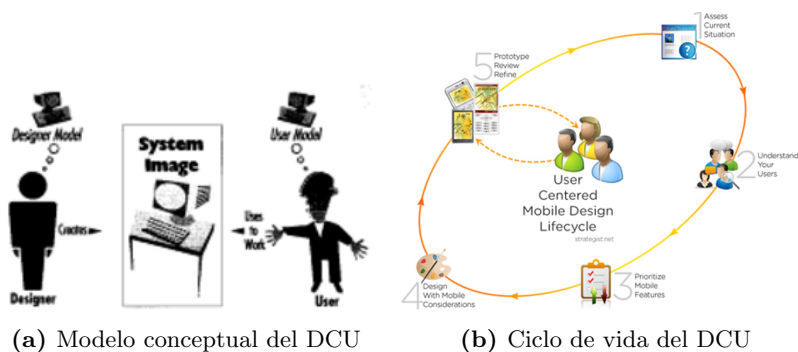


**Figura 2.10:** Las grandes experiencias de usuario son útiles, utilizables y deseables

Un término que tiene estrecha relación con la experiencia de usuario, y es anterior al mismo, es el concepto e idea de diseño centrado en el usuario (DCU o UCD, de User Centred Design). Éste término fue creado por (Norman and Draper, 1986) 2.12a. El objetivo del diseño centrado en el usuario no es otro que el de crear productos que los usuarios encuentren útiles y usables, para ello el DCU determina que el usuario participa e influye en el diseño del producto y se adecua a sus necesidades y requerimientos 2.12b. El DCU tiene por objeto la creación de productos que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales, consiguiendo la mayor satisfacción y mejor experiencia de uso posible con el mínimo esfuerzo de su parte.

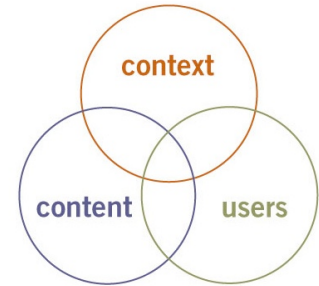


**Figura 2.11:** Factores de la UX



**Figura 2.12:** Algunos aspectos del DCU

Podemos ver como todos estos aspectos están muy ligados a otros términos como el de Arquitectura de la información (AI o IA, de Information Architecture). (Baley, 2002) nos dice que la arquitectura de la información es el arte y la ciencia de organizar la información de modo que sea localizable, usable y útil. La arquitectura de la información, según (Rosenfeld and Morville, 2002) 2.13 se centra en organizar la información e implica estructurar, diseñar y etiquetar.



**Figura 2.13:** Factores de la UX

En realidad, el eje central de todos estos conceptos es la usabilidad. La usabilidad se refiere a la facilidad con la que las personas pueden utilizar una herramienta o cualquier otro objeto fabricado, con el fin de alcanzar un objetivo concreto. Diversos autores como (Lederer and Prasad, 1992) o (Hix and Hartson, 1993) abordaron el tema de la usabilidad a principios de los años noventa pero quien realmente lo abordó de un modo profundo fue Jakob Nielsen a lo largo de diversos trabajos (Nielsen, 1994a,b, 1999) entre otros.

Finalmente tampoco podemos olvidar que la realidad aumentada nos ofrece una nueva forma de proporcionar información de un modo interactivo (Dearlove et al., 2008) y que los estímulos artificiales que pueden proporcionar los ordenadores que emplean información registrada por sensores, GPS, cámaras, acelerómetros, podómetros, Bluetooth, . . . pueden proporcionar mucha más información de la que los sentidos naturales pueden brindarnos o captar (Orozco Coba and Matarrese, 2014). De este modo podemos aumentar cualquier tipo de información que provenga de cualquiera de nuestros sentidos, aunque generalmente hablamos o entendemos que se trata de aumentar información visual, otros sentidos (oído, tacto, olfato) también pueden ser potencialmente aumentados a través de la realidad aumentada (Azuma et al., 2001; Höllerer, 2004; Van Krevelen and Poelman, 2010). Para ejemplificar un poco todo podríamos volver al estudio realizado por (Mor et al., 2012), en el que se citan los factores que se deben tener en cuenta para crear una buena interfaz de realidad aumentada: el equilibrio entre el mundo virtual y el real, atender las limitaciones tecnológicas, el tipo y tamaño de

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

la pantalla, los principios de iteración persona-ordenador, tener en cuenta el propósito de la aplicación y su uso así como el tipo de contenido gráfico que va a usarse. A partir de todo esto, usan el concepto del "Círculo del Museo" que puede ayudar a los museos a crear una experiencia positiva, divertida y educativa a los visitantes. Crean eventos, que són experiencias de los visitantes en un intervalo de tiempo determinado, y la visita al museo es la suma de todos los eventos que el visitante experimentó a lo largo del tiempo que dura la visita. A cada evento se asocian tres factores: respuesta emocional, aprendizaje e interés y se tiene en cuenta que el interés debe mantenerse durante una hora o dos después de haber realizado la visita. Así mismo, tienen en cuenta que cada visitante es único y por tanto sus respuestas también. El reto, en este caso, es encontrar la secuencia de eventos correcta para cada individuo. Además, el círculo del museo pronostica que si un evento es exitoso, afectará a la aceptación y sentimientos sobre el próximo evento.

En este contexto y con el fin de proporcionar una excelente experiencia de usuario al tiempo que miremos de dar respuesta a la función educativa del museo podemos pensar en introducir también el concepto de gamificación, añadiendo de este modo un componente lúdico al aprendizaje.

La gamificación es la técnica y práctica de aplicar mecánicas de juego a campos en los que habitualmente no se aplican, con la finalidad de provocar nuevos aprendizajes y nuevas experiencias. Actualmente empezamos a encontrar trabajos muy recientes como el de (Eleftheria et al., 2013) centrados en la realidad aumentada y la gamificación para la creación de un libro educacional de realidad aumentada, orientada a un público de edades comprendidas entre los 10 y 12 años. Tal como ellos mismos mencionan en su artículo esto podría aplicarse a cultura, arte e historia. Es importante empezar a mirar las aportaciones que puedan hacerse en este campo dado que la gamificación pretende facilitar el aprendizaje haciendo que éste resulte divertido al usuario.

Existen otras cuestiones que pueden ser interesantes, como el que encontramos en (Manferdini and Garagnani, 2011) donde se nos presenta un caso de uso en que se nos muestra un modelo 3d de una vasija que podrá ser vista haciendo uso de un teléfono móvil o tablet, para terminar siendo imprimida al finalizar la visita.

Como vemos las posibilidades a tener en cuenta son infinitas y no hay mejor muestra de ello que la que encontramos en el artículo de (Geroimenko, 2012) donde éste nos habla de un nuevo concepto, el AR Art, cuya primera particularidad es que el arte, en este caso, no está limitado por el espacio y nos expone que una obra de arte puede ser exhibida en cualquier lugar o en cualquier momento, abriendo nuevas posibilidades al decirnos que un artista puede poner sus obras de arte en cualquier lugar, de forma inmediata y sin pedir permiso. Tampoco estaría limitado por el espacio pudiendo poner, por ejemplo, una obra de arte en cada kilómetro cuadrado de la superficie terrestre o incluso se podrían mostrar obras de distintos autores en un mismo espacio. Como vemos, el potencial de la realidad aumentada, aplicada en el campo del arte, es inmenso y podríamos incluso pensar en llegar a sustituir muchas formas actuales de arte del mundo real por sus alternativas Arte AR.

### 2.2.7 Conclusiones

En esta sección se ha visto como la realidad aumentada es una tecnología emergente. Al tiempo, se ha hecho hincapié en el tamaño, portabilidad y uso generalizado de los dispositivos móviles actuales y se ha destacado que éstos cada vez son más ligeros, potentes y están dotados de mejores algoritmos de seguimiento sin marcadores, haciendo posible que la experiencia del usuario que hace uso de esta tecnología, en estos dispositivos, sea cada vez mejor y más satisfactoria. No obstante, la tecnología actual todavía tiene limitaciones y éstas deberán ser tenidas en cuenta cuando diseñemos aplicaciones.

Así mismo, se ha hecho un repaso por las características, funciones y necesidades que tienen los museos y hemos detenido y puesto la mirada sobre el público que los visita, dado que las colecciones que alberguen deben ser accesibles a ese público y aportarles algún beneficio educacional. En este punto hemos vuelto a ver como la realidad aumentada puede alinearse con estos objetivos.

Otras cuestiones interesantes que se han citado tienen relación con las posibilidades que nos brinda la realidad aumentada al no estar sometida a las limitaciones del mundo físico, cuestión que nos permite explorar un sinfín de alternativas; aunque sin olvidar mantener siempre un equilibrio entre el mundo real y el virtual.

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

### 2.3 Hipótesis, preguntas de investigación y objetivos

En el trabajo futuro de investigación que se propone se tratarán de establecer los mecanismos necesarios para que se diluyan las posibles barreras de acceso a los distintos tipos de contenidos que pueda llegar a contener una aplicación de realidad aumentada y que ésta pueda ser accesible a la mayor parte de usuarios, al tiempo que pueda generar una experiencia satisfactoria a los mismos, sea cual sea su edad, situación o entorno personal, entendiendo además que los museos deberían ser especialmente sensibles a estos aspectos.

Para conseguirlo se analizarán y tendrán en cuenta los distintos aspectos que hemos tratado a lo largo del presente trabajo: usabilidad, arquitectura de la información, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario, accesibilidad y gamificación al entorno de las aplicaciones de realidad aumentada diseñadas para un contexto museístico que sean usadas en dispositivos móviles de uso personal.

#### 2.3.1 Objetivo principal de la investigación

El objetivo principal de la presente investigación es analizar, definir y establecer los elementos y criterios necesarios para que una aplicación de realidad aumentada de uso en diferentes dispositivos móviles de uso personal pensada para ser usada en un entorno de museos, pueda ser accesible y usable por cualquier persona, poniendo especial atención en aspectos de interacción que puedan aportar una muy buena experiencia de usuario.

#### 2.3.2 Hipótesis y preguntas de investigación

En la presente investigación se tratará de dar respuesta a las siguientes hipótesis:

- HIPÓTESIS 1. Los actuales sistemas de realidad aumentada existentes en los museos son intuitivos y tienen un buen diseño de interfaz
- HIPÓTESIS 2. El uso de la realidad aumentada en los museos mejora el conocimiento, comprensión y aprendizaje de las obras con las que interactúa el usuario.
- HIPÓTESIS 3. El uso de la realidad aumentada en los museos aumenta la satisfacción de los visitantes

- HIPÓTESIS 4. El uso de dispositivos móviles hace más amigable la experiencia de la realidad aumentada frente al uso de equipos más tradicionales como pueden ser ordenadores portátiles y gafas 3D.
- HIPÓTESIS 5. Se pueden realizar sistemas de realidad aumentada que sean accesibles a todos los visitantes de un museo.
- HIPÓTESIS 6. Todos los dispositivos móviles de uso personal que tienen los visitantes de un museo permiten el uso de la tecnología de realidad aumentada en sus dispositivos.

Todo lo anterior nos llevará a tener que seguir profundizando y analizando el estado del arte y las líneas de investigación abiertas en el ámbito para poder dar respuesta a cuál es la mejor forma de reconocer i alinear una determinada obra (cuadros, esculturas, etc.,...) una vez realizada una captura de imagen con un dispositivo móvil, al tiempo que poder determinar qué información debe ser aumentada y cuál es la mejor forma de hacerlo.

## 2.4 Metodología de investigación

El trabajo de investigación que se llevará a cabo tiene un carácter teórico-práctico que pretende dar respuesta a diversas de cuestiones planteadas en el ámbito del uso de la tecnología de la realidad aumentada a través de dispositivos móviles de uso personal, fundamentalmente smartphones y tablets, en un contexto museístico. Para ello se deberá acotar el área de estudio al que se pretende dar respuesta.

### 2.4.1 Acotación del área de estudio

La tecnología de la realidad aumentada de uso en dispositivos móviles de uso personal, como ya hemos visto, es muy reciente, y existen diversas cuestiones que todavía se deben explorar. (Wang and Dunston, 2006) mencionaba que se han realizado muchos estudios referentes a los usuarios en entornos de realidad virtual pero muy pocos en el campo de la realidad aumentada. Por otro lado, como hemos visto, al aunar distintos aspectos y el uso de una gama de dispositivos de uso personal para poder interactuar

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

con las aplicaciones de realidad aumentada hacen que debamos tener en cuenta distintos aspectos en la presente investigación, al tiempo que son diversas las aportaciones científicas que se han hecho en los últimos años relativas a experiencia de usuario, gamificación y accesibilidad, entre otras y que deberán tenerse en cuenta.

El ámbito de los museos y aplicaciones para su uso puede ser muy amplio. En este sentido se tratará de focalizar el estudio inicialmente desde un ámbito global y generalista para poder posteriormente centrarlo en ámbitos más específicos y concretos. El estudio deberá tener en cuenta el tipo de museos y obras que han sido o pueden ser aumentadas, aspectos y consideraciones referentes a los usuarios finales y a sus entornos y contextos de uso, así como alternativas tecnológicas y metodológicas aportadas en investigaciones previas realizadas para poder establecer dichos entornos. También deberán identificarse y distinguirse las diferentes formas de interactuar con la aplicación por parte de los usuarios (dentro/fuera del museo, solos con su aplicación o interactuando con otros usuarios, . . . ), al tiempo que deberán abordarse aspectos tales como el nivel de inmersión por parte de los usuarios, tiempo de permanencia en la aplicación, visitas a la aplicación antes, durante y después de la visita realizada al museo, compatibilidad de la aplicación con los distintos dispositivos usados por parte de los usuarios y análisis de la evolución y soporte de la aplicación por parte de los mismos. Por otro lado, se deberán abordar aspectos relativos a la percepción con la aplicación creada para poder investigar la reacción, grado de satisfacción y aprendizaje, nivel de interacción y grado de entretenimiento por parte de los usuarios. Cabe matizar que al explorar el campo de la accesibilidad y experiencia de usuario será necesaria la participación de usuarios candidatos a usar una posible aplicación para participar de todos los procesos, desde el diseño hasta la evaluación del sistema, tal como se establece en el diseño centrado en los usuarios.

Así mismo, otro factor no menos importante deberá ser evaluar el tipo de dispositivos que tienen los visitantes de los museos para poder valorar si cumplen con unos requisitos mínimos que permitan soportar una determinada aplicación de realidad aumentada en los mismos, así como, una vez superado este aspecto, si la experiencia en el uso a través de determinados dispositivos resulta satisfactoria a los usuarios, siempre



teniendo en cuenta, además, aspectos de accesibilidad a la aplicación que se proponga y diseñe.

### 2.4.2 Metodología a seguir

La metodología de investigación a seguir será, en un inicio, la de búsqueda bibliográfica con la correspondiente recopilación, lectura, revisión y evaluación de artículos y literatura escrita del ámbito para situar el estado del arte de la temática a tratar con profundidad.

Por otra parte también se pretende abordar la investigación desde la perspectiva de las hipótesis realizadas y la búsqueda de las respuestas a las mismas. Para ello se deberá volver a la revisión bibliográfica del ámbito, ampliándola si es necesario, para poder observar si otros autores han planteado problemas similares y cuáles han sido las soluciones aportadas o respuestas obtenidas. A partir del análisis se deberá proporcionar una respuesta a cada una de las hipótesis iniciales planteadas.

Una vez llegado a este punto, para poder contrastar los resultados de otros investigadores y los propios se realizarán algunas propuestas de diseño y creación de aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles y su posterior evaluación, según cada contexto de uso definido (espacio interior/exterior; ámbito y temática del museo, aplicación multiusuario o monousuario, en función del tipo de visitas y franjas de edad, . . .). En este sentido se realizarán un mínimo de dos propuestas distintas que consistirá en la creación de la base de una aplicación de realidad aumentada que pueda ser usada en distintos entornos y por un target de usuarios diferentes, para ello se seleccionarán un mínimo de dos museos de temáticas distintas donde poder llevar a cabo el trabajo de campo de la presente investigación, con la intención de crear el marco de una aplicación que pueda servir para dar respuesta a las hipótesis planteadas. Para poder realizar un diseño centrado en los usuarios se propone realizar diversos grupos de discusión a lo largo del proyecto, en concreto y como mínimo en las fases de definición de la aplicación, en la de pre-lanzamiento y en la de lanzamiento y uso por parte de los miembros del grupo de discusión. En esta fase será necesario definir mejor los grupos de discusión y miembros de los mismos. El objetivo de los grupos será definir la aplicación teniendo en cuenta las preferencias y comentarios de los usuarios para poder

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

satisfacer sus necesidades. Además de los posibles usuarios también sería conveniente que participen en el desarrollo de la aplicación miembros de los museos seleccionados.

A partir de aquí pretende realizarse una propuesta y solución propia que pueda ser analizada y de la que pueda generarse un análisis completo en el que potenciales usuarios participen de todas las fases de diseño e implementación al tiempo que se tengan en cuenta todos los aspectos descritos anteriormente (usabilidad, arquitectura de la información, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario, accesibilidad y gamificación). Una vez diseñada la propuesta deberá poder ser analizada a partir de tests a distintos agentes y usuarios y deberían poder añadirse herramientas de medición internas a la aplicación que ayuden a verificar el uso y mejoras que deberían tenerse en cuenta. Además, a lo largo de los distintos artículos analizados hasta el momento hemos visto como uno de los aspectos más relevantes de los mismos es que habitualmente la toma de datos deja de producirse cuando los investigadores concluyen con sus estudios, cuestión que hace que las muestras de usuarios sean pequeñas y acotadas en el tiempo. Esta cuestión también sería conveniente de resolver gracias a la ayuda de herramientas de medición automáticas incorporadas a la aplicación. A partir de todo lo anterior se deberían realizar publicaciones en revistas científicas y presentaciones en congresos para dar a conocer los resultados de la investigación y que la misma pueda ser validada por la comunidad científica.

### 2.5 Plan de investigación

Se estima que la duración de una tesis es de tres a cuatro años.

El ámbito de estudio es bastante amplio y las cuestiones a analizar son múltiples por lo que el tiempo estimado, de forma muy ajustada, ha sido de casi cuatro años.

<b>Fase inicial (Marzo 2016 a Septiembre 2016)</b>	
<b>Mar. - May. 2016</b>	Revisión y ampliación bibliográfica del ámbito y del estado del arte sobre los distintos aspectos que se pretenden abordar en la tesis: usabilidad, arquitectura de la información, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario, accesibilidad y gamificación en aplicaciones de realidad aumentada en dispositivos móviles de uso personal en los museos o temáticas afines.
<b>Jun. - Jul. 2016</b>	Identificación de posibles respuestas y soluciones a problemas similares a los planteados en esta investigación por parte de otros autores.
<b>Ago. - Sep. 2016</b>	Definición de la interacción y gamificación de la aplicación. Definición de los criterios de accesibilidad y usabilidad que se tendrán en cuenta.

<b>Trabajo de campo (Octubre 2016 a Diciembre 2018)</b>	
<b>Oct. - Nov. 2016</b>	Selección de un mínimo de dos museos de temáticas distintas donde poder llevar a cabo el trabajo de campo de la presente investigación. Identificación del <i>target</i> al que se dirige cada uno de los museos seleccionados y creación de los grupos de discusión, de posibles visitantes del museo, para que ayuden a definir la aplicación teniendo en cuenta sus preferencias y comentarios, con el fin de poder llegar a satisfacer sus necesidades y los objetivos que se plantean los museos.
<b>Dic. 16 - Feb. 17</b>	Creación de los primeros grupos de discusión. Propuestas de diseño y creación de los <i>wireframes</i> de un prototipo de un par de aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles.
<b>Mar. 2017</b>	Presentación a los grupos de discusión de las propuestas de diseño y creación de los prototipos para que puedan realizar mejoras y nuevas aportaciones.

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

<b>Abr. - Dic. 2017</b>	<p>Creación de prototipos de aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles que incorpore mejoras sobre las aplicaciones existentes en los campos mencionados: usabilidad, arquitectura de la información, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario, accesibilidad y gamificación; al tiempo que también se tenga en cuenta que las aplicaciones puedan ser soportadas por un número elevado de dispositivos.</p> <p>Identificación de inconvenientes y problemas para llevar a cabo los objetivos e hipótesis propuestas así como búsquedas de posibles soluciones.</p>
<b>Ene. 2018</b>	<p>Prueba del funcionamiento de las aplicaciones en los museos por parte de los miembros seleccionados en los grupos de discusión y nueva reunión para mejorar y valorar la primera experiencia por parte de usuarios que conocían la aplicación desde la fase de su concepción.</p>
<b>Feb. 2018</b>	<p>Redacción y presentación de los primeros artículos.</p>
<b>Mar. - Abr. 18</b>	<p>Incorporación de mejoras y revisión de fallos detectados.</p>
<b>May. - Jun. 2018</b>	<p>Diseño y creación e incorporación de breves tests a la aplicación orientado a los usuarios que descarguen y hagan uso de la aplicación: uno inicial y otro tras el uso de la aplicación.</p> <p>El primer breve test se deber orientar a los usuarios que descargan la aplicación, al inicio de la instalación, con lo que esperan obtener de la misma y otros datos personales de interés relacionados con la visita (motivaciones, lugar de residencia, tipo de visita (en familia, solos, con amigos), identificación de necesidades especiales, sexo y edad.</p> <p>Identificación de segundas visitas a la aplicación y recorridos por la misma, pre y post visita a los museos seleccionados.</p>

## 2.5 Plan de investigación

	El segundo test también debe ser breve y debe contener aspectos de usabilidad, arquitectura de la información, diseño centrado en el usuario, experiencia de usuario, accesibilidad y gamificación a los usuarios que han hecho uso de la aplicación, al final del uso de la misma así como datos que puedan aportar respuestas a las hipótesis planteadas en un inicio.
<b>Jul. - Sep. 2018</b>	Lanzamiento de la segunda versión y prueba a los visitantes de los museos seleccionados que llevan consigo un dispositivo móvil de uso personal, para que puedan descargarse las aplicaciones de realidad aumentada realizadas. Identificación de segundas visitas a la aplicación y recorridos por la misma, pre y post visita a los museos seleccionados.
<b>Oct. - Dic. 2018</b>	Fase de recopilación y análisis de los datos estadísticos y de uso obtenidos a través de la aplicación y primera identificación de resultados obtenidos.

<b>Fase Final (Enero a Noviembre 2019)</b>	
<b>Ene. - Feb. 2019</b>	Redacción de artículos y búsqueda de revistas indexadas y congresos donde puedan ser publicados.
<b>Mar. - Jun. 2019</b>	Elaboración de la memoria y búsqueda de respuestas a las hipótesis iniciales planteadas.
<b>Jul. - Ago. 2019</b>	Segunda recopilación y análisis de los datos estadísticos y de uso obtenidos a través de la aplicación y primera identificación de resultados obtenidos.
<b>Sep. 2019</b>	Incorporación de los últimos datos obtenidos y contraste con los primeros resultados.
<b>Oct. 2019</b>	Revisión, corrección y presentación de la memoria.
<b>Nov. 2019</b>	Defensa de la tesis.

## 2. PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

---

## 3

# Directores de la Tesis

### 3.1 Directores propuestos

**David García Solórzano** obtuvo la doble licenciatura (2005) en Multimedia e Ingeniería Informática por la Universidad Ramon Llull y en 2013 se doctoró por la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Es miembro del grupo de I+D+i ITOL (Interactive Tools for Online Learning) de la UOC, donde centra su interés de investigación en entornos e-Learning, en concreto entornos de aprendizaje virtuales autoregulados y análisis en procesos de aprendizaje.

**Enric Gaus Termens** es investigador en el Grupo de Acción y Creación musical SGR 1382 de la Escuela Superior de Música de Catalunya (ESMUC). Es también profesor y coordinador del departamento de Sonología de la misma Escuela Superior, y profesor en la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona, además de consultor en la Universitat Oberta de catalunya (UOC). Se doctoró en el año 2009 en Informática y Comunicación Digital por la UPF(Universitat Pompeu Fabra). Obtuvo su doctorado en Ciencias de la Computación y Comunicación Digital en 2009 por la UPF con una disertación sobre clasificación automática del género musical. Su investigación cubre la temática sobre recuperación de información musical y el cuerpo humano como interfaz de instrumentos musicales.

En otro orden de cosas, es miembro del Observatori de Prevenió Auditiva per als Músics (OPAM) y miembro de la Barcelona Laptop Orchestra (BLO).

### 3. DIRECTORES DE LA TESIS

---

#### 3.1.1 Publicaciones de David Garcia Solórzano

- García, D.; Domínguez, E.; Monzo, C.; Cobo, G.; Morán, J.; Santamaria, E. (2014). Actas del XXIX Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio (URSI 2014). EN: Laboratorio virtual móvil para ingeniería en la Universitat Oberta de Catalunya.VALENCIA: Universitat Politècnica de València. Pág. 148. ISBN. 978-84-9048-264-3
- Monzo, C.; Cobo, G.; García, D.; Morán, J.; Santamaria, E.(2013). . EN: Ares, F.; López, M.; Moreno, E.; Rodríguez, J.XXVIII Simposium Nacional de la Unión Científica Internacional de Radio.SANTIAGO: Pág. 1-4. ISBN. 978-84-941537-1-6
- Cobo, G.; García, D.; Morán, J.; Santamaria, E.; Monzo, C.; Melenchón, J. (2012). Using agglomerative hierarchical clustering to model learner participation profiles in online discussion forums. EN:Proceedings of the Second International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK'12). Pág. 248-251. ISBN. 9781450311113
- García, D.; Cobo, G.; Santamaria, E.; MORÁN, J.; Monzo, C.; Melenchón, J. (2012). Educational monitoring tool based on faceted browsing and data portraits. EN: Proceedings of the Second International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK'12). ACM Press .Pág. 170-178. ISBN. 978-1-4503-1111-3
- García, D.; Cobo, G.; Santamaria, E.; Morán, J.; Melenchón, J.; Monzo, C. (2012). Evaluation of a Learning Management System focused on activities. EN: Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE. Marrakech: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. Pág. 1-6. ISBN. 978-1-4673-1455-8
- García, D.; Cobo, G.; Santamaria, E.; Morán, J.; Melenchón, J.; Monzo, C. (2012). "Evaluation of a Learning Management System focused on activities". IEEE Global Engineering Education Conference.ISSN.2165-9559. DOI: 10.1109/EDUCON.2012.6201107.
- Cobo, G.; García, D.; Santamaria, E.; Morán, J.; Melenchón, J.; Monzo, C. (2011). Modeling students" activity in online discussion forums: a strategy based



on time series and agglomerative hierarchical clustering. EN: Proceedings of the Fourth International Conference on Educational Data Mining (EDM'11). Eindhoven University of Technology. Pág. 253-257.

- García, D.; Cobo, G.; Santamaria, E.; Morán, J.; Melenchón, J. (2011). Representation of a Course Structure Focused on Activities Using Information Visualization Techniques. EN: 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2011). Athens:IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers. Pág. 443-445.ISBN. 978-0-7695-4346-8
- García, D.; Cobo, G.; Santamaria, E.; Morán, J.; Melenchón, J.(2011). Representation of a Course Structure Focused on Activities Using Information Visualization Techniques. En: 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2011). The University of Georgia. Athens, 06 - 08 de julio
- Farrús, M.; Ruiz, M.; Cobo, G.; García, D.; Villarejo, L.; E., R.(2010). Automatic evaluation of continuous assessment tests. EN: ISHIKAWA, S.; WEIR, G. Corpus, ICT and Language Education, Proceedings of the 6th ICTATLL International Conference. Glasgow:University of Strathclyde. Pág. 173-180. ISBN. 978-0-947649-76-0
- García, D.; COBO, G.; Santamaria, E.; Morán, J.; Adelantado, F. (2009). Herramientas para la gestión del proceso de aprendizaje en un entorno virtual . EN: Ochoa, X.; Pech, S.; Prieto, M.; Sánchez, S. Recursos Digitales para el Aprendizaje en Iberoamérica . Universidad Autónoma de Yucatán. Pág. 514-519. ISBN. 978-607-7573-17-3
- García, D.(2009). Conferencia conjunta Iberoamericana sobre Tecnologías del Aprendizaje (CcITA) . En: Conferencia conjunta Iberoamericana sobre Tecnologías del Aprendizaje (CcITA) . Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, 06 - 10 de julio
- García, D.(2009). iCLUE: interactive Collaborative Learning though Using Exchange of Information. En: Conferencia conjunta Iberoamericana sobre Tecnologías del Aprendizaje (CcITA) . Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, 06 - 10 de julio

### 3. DIRECTORES DE LA TESIS

---

- García, D. (2009). iCLUE: interactive Collaborative Learning through Using Exchange of information . EN: Ochoa, X.; Pech, S.; Prieto, M.; Sánchez, S. Recursos Digitales para el Aprendizaje en Iberoamérica .Universidad Autónoma de Yucatán. Pág. 609-614. ISBN. 978-607-7573-17-3
- García, D.; Alías, F. (2008). "Identificación de emociones a partir de texto usando desambiguación semántica ". Procesamiento del lenguaje natural . Núm. 40, Pág. 75-82. ISSN.1135-5948.
- García, D.(2007). EUROLAN 2007: Semantics, Opinion and Sentiment in Text . En: Semantics, Opinion and Sentiment in Text . Alexandru Ioan Cuza University of Iasi. Iasi, 23 07 - 30 de agosto
- Alías, F.; Gonzalvo, X.; Sevillano, X.; Socoró, J.; Montero, J.; García, D. (2006). "Clasificación de Textos Adaptada para Conversión de Texto en Habla Multidominio". Procesamiento del lenguaje natural . Núm. 37, Pág. 267-274. ISSN.1135-5948.

#### 3.1.2 Publicaciones de Enrique Guaus Termens

- Sarasúa, Á.; Guaus E. (2014). Dynamics in Music Conducting: A Computational Comparative Study Among Subjects. (Caramiaux, Baptiste, Tahiroglu, Koray, Fiebrink, Rebecca, Tanaka, Atau, Ed.).International Conference on New Interfaces for Musical Expression. 195-200.
- Sarasúa, Á.; Guaus E. (2014). Beat Tracking from Conducting Gestural Data: A Multi-Subject Study. Proceedings of the 2014 International Workshop on Movement and Computing. 118-123.
- Guaus, E.; Saña O.; Llimona Q. (2013). Observed Differences in Rhythm between Performances of Classical and Jazz Violin Students. Stockholm Music Acoustics Conference 2013 and Sound and Music Computing Conference 2013.
- Maestre, E.; Blaauw M.; Bonada J.; Guaus E.; Pérez A. (2010).Statistical Modeling of Bowing Control applied to Violin Sound Synthesis. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing.

- Herrera, P.; Serrà J.; Laurier C.; Guaus E.; Gómez E.; Serra X. (2009). The Discipline formerly known as MIR. International Society for Music Information Retrieval (ISMIR) Conference, special session on The Future of MIR (fMIR).
- Guaus, E.; Bonada J.; Maestre E.; Pérez A.; Blaauw M. (2009). Calibration method to measure accurate bow force for real violin performances. (Scavone, G., Ed.). International Computer Music Conference. 251-254.
- Guaus, E. (2009). Audio content processing for automatic music genre classification: descriptors, databases, and classifiers. Department of Information and Communication Technologies.
- Wack, N.; Guaus E.; Laurier C.; Meyers O.; Marxer R.; Bogdanov D.; et al. (2009). Music type groupers (MTG): generic music classification algorithms. Music Information Retrieval Evaluation eXchange (MIREX) extended abstract.
- Pérez, A.; Bonada J.; Maestre E.; Guaus E.; Blaauw M. (2008). Measuring Violin Sound Radiation for Sound Equalization. Acoustics08.
- Sordo, M.; Celma Ò.; Blech M.; Guaus E. (2008). The Quest for Musical Genres: Do the Experts and the Wisdom of Crowds Agree?. 9th International Conference on Music Information Retrieval.
- Pérez, A.; Bonada J.; Maestre E.; Guaus E.; Blaauw M. (2008). Score Level Timbre Transformations of Violin Sounds. International Conference on Digital Audio Effects.
- Maestre, E.; Bonada J.; Blaauw M.; Pérez A.; Guaus E. (2007). Acquisition of violin instrumental gestures using a commercial EMF device. International Computer Music Conference.
- Guaus, E.; Herrera P. (2007). A basic system for music genre classification. International Conference on Music Information Retrieval.
- Guaus, E.; Bonada J.; Pérez A.; Maestre E.; Blaauw M. (2007). Measuring the bow pressing force in a real violin performance. International Symposium on Musical Acoustics.

### 3. DIRECTORES DE LA TESIS

---

- Pérez, A.; Bonada J.; Maestre E.; Guaus E.; Blaauw M. (2007). Combining Performance Actions with Spectral Models for Violin Sound Transformation. International Congress on Acoustics.
- Guaus, E.; Herrera P. (2006). Towards better automatic genre classifiers by means of understanding human decisions on genre discrimination. International Conference on Music Perception and Cognition. 326-327.
- Guaus, E.; Herrera P. (2006). Music Genre Categorization in Humans and Machines. 121th AES Convention.
- Cano, P.; Koppenberger M.; Wack N.; G. Mahedero J.; Masip J.; Celma Ò.; et al. (2005). An Industrial-Strength Content-based Music Recommendation System. 28th Annual International ACM SIGIR Conference.
- Guaus, E.; Gómez E. (2005). Storage and Retrieval of relevant information from music master classes. 36th conference of the International Association of Sound and Audiovisual Archives (IASA).
- Cano, P.; Koppenberger M.; Wack N.; G. Mahedero J.; Aussenac T.; Marxer R.; et al. (2005). Content-based Music Audio Recommendation. ACM Multimedia.
- Guaus, E.; Herrera P. (2005). The Rhythm Transform: Towards A Generic Rhythm Description. International Computer Music Conference. 1311.
- Batlle, E.; Masip J.; Guaus E.; Cano P. (2004). Scalability issues in HMM-based Audio Fingerprinting. International Conference on Multimedia and Expo. 1, 735-738.
- Batlle, E.; Masip J.; Guaus E. (2004). Amadeus A Scalable HMM-based Audio Information Retrieval System. First International Symposium on Control, Communications and Signal Processing. 731-734.
- G. Mahedero, J.; Tarasov V.; Batlle E.; Guaus E.; Masip J. (2004). Industrial audio fingerprinting distributed system with CORBA and Web Services. 5th International Conference on Music Information Retrieval. 337-340.

### 3.1 Directores propuestos

---

- Guaus, E.; Batlle E. (2004). A non-linear rhythm-based style classification for Broadcast Speech-Music Discrimination. 116th AES Convention.
- Guaus, E. (2004). New approaches for rhythmic description of audio signals.
- Batlle, E.; Guaus E.; Masip J. (2003). Open Position Multilingual Orchestra Conductor. Lifetime Opportunity.. 26th. annual international ACM SIGIR conference.
- Guaus, E.; Batlle E. (2003). Visualization of metre and other rhythm features. International Symposium on Signal Processing and Information Technology.
- Batlle, E.; Masip J.; Guaus E. (2002). Automatic Song Identification in Noisy Broadcast Audio. (N. Younan, Ed.).Signal and Image Processing.

### **3. DIRECTORES DE LA TESIS**

---

# Bibliografía

- Edward P Alexander and Mary Alexander. *Museums in motion: An introduction to the history and functions of museums*. Rowman Altamira, 2007. 10
- Thomas M Alisi, Alberto Del Bimbo, and Alessandro Valli. Natural interfaces to enhance visitors' experiences. *MultiMedia, IEEE*, 12(3):80–85, 2005. 15, 17
- Fernando Alonso López, Consuelo del Moral Ávila, Juncá Ubierna, José Antonio, Concepción Blocona Santos, Begoña Gómez Nieto, Rafael Reyes Torres, Vicente Mosquete, M<sup>a</sup> Jesús, Mariano Calle Cebrecos, et al. Accesibilidad en los espacios públicos urbanizados. 2010. 5, 18
- Mikel Asensio, Virginia Mahou, Carmen Rodríguez Santana, and José Ignacio Sáenz Sagasti. ¿ qué entienden los visitantes de nuestro mensaje expositivo? una evaluación en el museo y parque arqueológico cueva pintada. *ICOFOM Study Series-ISS 41*, page 89, 2012. 15
- Ronald Azuma, Yohan Baillot, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, and Blair MacIntyre. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6):34–47, 2001. ISSN 02721716. doi: 10.1109/38.963459. 11, 12, 14, 21
- Ronald T Azuma et al. A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4):355–385, 1997. 12
- Christophe Baley. Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 33(7):939–948, 2002. 21

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Lorenzo Baraldi, Francesco Paci, Giuseppe Serra, Luca Benini, and Rita Cucchiara. Gesture Recognition using Wearable Vision Sensors to Enhance Visitors' Museum Experiences. *IEEE Sensors Journal*, 15(5):1–1, 2015. ISSN 1530-437X. doi: 10.1109/JSEN.2015.2411994. 17
- Oliver Bimber and Ramesh Raskar. *Spatial augmented reality: merging real and virtual worlds*. CRC Press, 2005. 12, 13
- Emerson Ribeiro Castilho. A cidade paulista de itu-perspectivas relacionadas à patrimonialização e musealização. *Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio-PPG-PMUS Unirio—MAST-vol*, 6(2-2013):187, 2012. 9
- Areti Damala, Pierre Cubaud, Anne Bationo, Pascal Houlier, and Isabelle Marchal. Bridging the Gap between the Digital and the Physical: Design and Evaluation of a Mobile Augmented Reality Guide for the Museum Visit. pages 120–127, 2008. 16
- Jonah Dearlove, Maurizio Megliola, Silvana Toffolo, and Michael Zoellner. PD046 Encouraging cultural exploration: a dynamic tour guide based on personalised contextual information and ad-hoc planning. *Collaboration and the Knowledge Economy: Issues, Applications, Case Studies. Part 2.*, pages 1331–1338, 2008. 7, 14, 21
- Javier Rodrigo Del Blanco. Hacia un nuevo modelo para la gestión de reproducciones en los museos estatales. *Museos. es: Revista de la Subdirección General de Museos Estatales*, (7):216–231, 2011. 10
- Chantzi Athanasia Eleftheria, Plessa Charikleia, Chatziparadeisis Gkanas Iason, Tsakalidis Athanasios, and Tsolis Dimitrios. An innovative augmented reality educational platform using gamification to enhance lifelong learning and cultural education. In *Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA), 2013 Fourth International Conference on*, pages 1–5. IEEE, 2013. 22
- Francesco Gabellone. Integrated Technologies for Museum Communication and Interactive Apps in the PON DiCet Project. *Augmented and Virtual Reality*, pages 3–16, 2015. 2, 11, 16
- Jesse James Garrett. The elements of user experience. *Jjg. net*, 2000. 19



- Jesse James Garrett. *Elements of user experience, the: user-centered design for the web and beyond*. Pearson Education, 2010. 19
- Vladimir Geroimenko. Augmented Reality Technology and Art: The Analysis and Visualization of Evolving Conceptual Models. *2012 16th International Conference on Information Visualisation*, pages 445–453, jul 2012. doi: 10.1109/IV.2012.77. 23
- Ann Whitney Gleason. *Mobile Technologies for Every Library*. Rowman & Littlefield, 2015. 13
- Mike Gualtieri. Best practices in user experience (ux) design. *Design Compelling User Experiences to Wow your Customers*, pages 1–17, 2009. 19
- Luis A. Hernández-Ibáñez. Galicia Dixital: Una exposición de patrimonio e-tangible. El Museo Vacío. *Archaeology Review*, 1(1):39–43, 2010. 2, 15
- Deborah Hix and H Rex Hartson. *Developing user interfaces: ensuring usability through product & process*. John Wiley & Sons, Inc., 1993. 21
- William A Hoff, Khoi Nguyen, and Torsten Lyon. Computer-vision-based registration techniques for augmented reality. In *Photonics East'96*, pages 538–548. International Society for Optics and Photonics, 1996. 11
- Tobias Höllerer, Steven Feiner, Tachio Terauchi, Gus Rashid, and Drexel Hallaway. Exploring mars: developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system. *Computers & Graphics*, 23(6):779–785, 1999. 11, 14
- Tobias H. & Feiner Höllerer. Mobile Augmented Reality. pages 1–71, 2004. 12, 13, 21
- Effie Lai-Chong Law, Virpi Roto, Marc Hassenzahl, Arnold POS Vermeeren, and Joke Kort. Understanding, scoping and defining user experience: a survey approach. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 719–728. ACM, 2009. 19
- Albert L Lederer and Jayesh Prasad. Nine management guidelines for better cost estimating. *Communications of the ACM*, 35(2):51–59, 1992. 21

## BIBLIOGRAFÍA

---

- Fotis Liarokapis, Stella Sylaiou, Anirban Basu, Nikolaos Mourkoussis, Martin White, and Paul F Lister. An interactive visualisation interface for virtual museums. In *VAST*, pages 47–56, 2004. 5, 18
- Anna Maria Manfredini and Simone Garagnani. Fruizione digitale di reperti archeologici. l'esperienza del museo civico archeologico di bologna. *Disegnarecon*, 4(8): 80–89, 2011. 22
- Ann Mcnamara. ENHANCING ART HISTORY EDUCATION THROUGH MOBILE AUGMENTED. 1(212):507–512, 2011. 17
- Liraz Mor, Richard M. Levy, and Jeffrey E. Boyd. Augmented reality for virtual renovation. *Proceedings of the second international ACM workshop on Personalized access to cultural heritage - PATCH '12*, page 15, 2012. doi: 10.1145/2390867.2390872. 17, 21
- Lourdes Moreno, M<sup>a</sup> Carmen Gálvez, Belén Ruiz, and Paloma Martínez. Diseño de Guías Multimedia Accesibles en Museos. 2008. 10, 19
- Peter Morville. *Ambient findability: What we find changes who we become.* ” O'Reilly Media, Inc.”, 2005. 19
- Janet H Murray. *Hamlet en la holocubierta: el futuro de la narrativa en el ciberespacio.* 1999. 15
- Jakob Nielsen. *Usability engineering.* Elsevier, 1994a. 21
- Jakob Nielsen. Usability inspection methods. In *Conference companion on Human factors in computing systems*, pages 413–414. ACM, 1994b. 21
- Jakob Nielsen. *Designing web usability: The practice of simplicity.* New Riders Publishing, 1999. 21
- Donald A Norman and Stephen W Draper. User centered system design. *Hillsdale, NJ*, 1986. 20
- Victoria Novelo. Patrimonio, políticas culturales y culturas populares en los museos: Un caso mexicano. 2008. 5, 10, 16

- Eduardo Orozco Coba and Marina Matarrese. Interfaces Móviles de Realidad Aumentada. 2014. 1, 7, 11, 21
- Z G Pan, A D Cheok, H W Yang, J J Zhu, and J Y Shi. Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics-Uk*, 30(1):20–28, 2006. ISSN 0097-8493. doi: 10.1016/j.cag.2005.10.004. 6, 11
- Eloísa Pérez Santos. La evaluación psicológica en los museos y exposiciones: fundamentación teórica y utilidad de los estudios de visitantes. page 404, 1998. 15
- Carla Rimkus. Augmented reality as a support tool to heritage education. In *World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education*, volume 2013, pages 2061–2067, 2013. 7, 10
- Albert A Rizzo and J Galen Buckwalter. Virtual reality and cognitive assessment. *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology: Cognitive, Clinical and Methodological Issues in Assessment and Rehabilitation*, 44:123, 1997. 18
- Louis Rosenfeld and Peter Morville. *Information architecture for the world wide web*. O'Reilly Media, Inc., 2002. 21
- Alberto Sánchez Riera and Ernest Redondo Domínguez. *Proyecto de tesis doctoral: Realidad Aumentada en dispositivos móviles y su aplicación en la interpretación del Patrimonio Histórico*. Universitat Politècnica de Catalunya. UPC. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I, 2011. 9
- Xavier Sánchez Torreblanca. *Trabajo final de carrera de Ingeniería Informática: Realidad aumentada para el reconocimiento de elementos paisajísticos*. Universitat Politècnica de Catalunya. UPC. Departamento de Estadística e Investigación Operativa, 2012. 14
- Harris H Shettel. Exhibits: Art form or educational medium. *Museum News*, 52(1): 32–41, 1973. 15
- Steffen Sorrell. Mobile augmented reality: Smartphones, tablets and smart glasses 2013-2018. 2015. 13

## BIBLIOGRAFÍA

---

- B. Thomas, B. Close, J. Donoghue, J. Squires, P. De Bondi, M. Morris, and W. Piekarski. ARQuake: an outdoor/indoor augmented reality first person\ napplication. *Digest of Papers. Fourth International Symposium on Wearable Computers*, pages 139–146, 2000. ISSN 1617-4909. doi: 10.1109/ISWC.2000.888480. 14
- DWF Van Krevelen and R Poelman. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2):1–20, 2010. ISSN 1029-242X. doi: 10.1155/2011/721827. 12, 21
- Peter Vergo. *New Museology*. Reaktion Books, 1997. 10
- ETD. VV.AA. Temario para ayudantes de museo. museología y legislación. estudio de técnicas documentales. 2002. 10
- Xiangyu Wang and Phillip S Dunston. Compatibility issues in augmented reality systems for aec: An experimental prototype study. *Automation in construction*, 15(3): 314–326, 2006. 25
- Jason Wither, Yun Ta Tsai, and Ronald Azuma. Indirect augmented reality. *Computers and Graphics (Pergamon)*, 35(4):810–822, 2011. ISSN 00978493. doi: 10.1016/j.cag.2011.04.010. 14