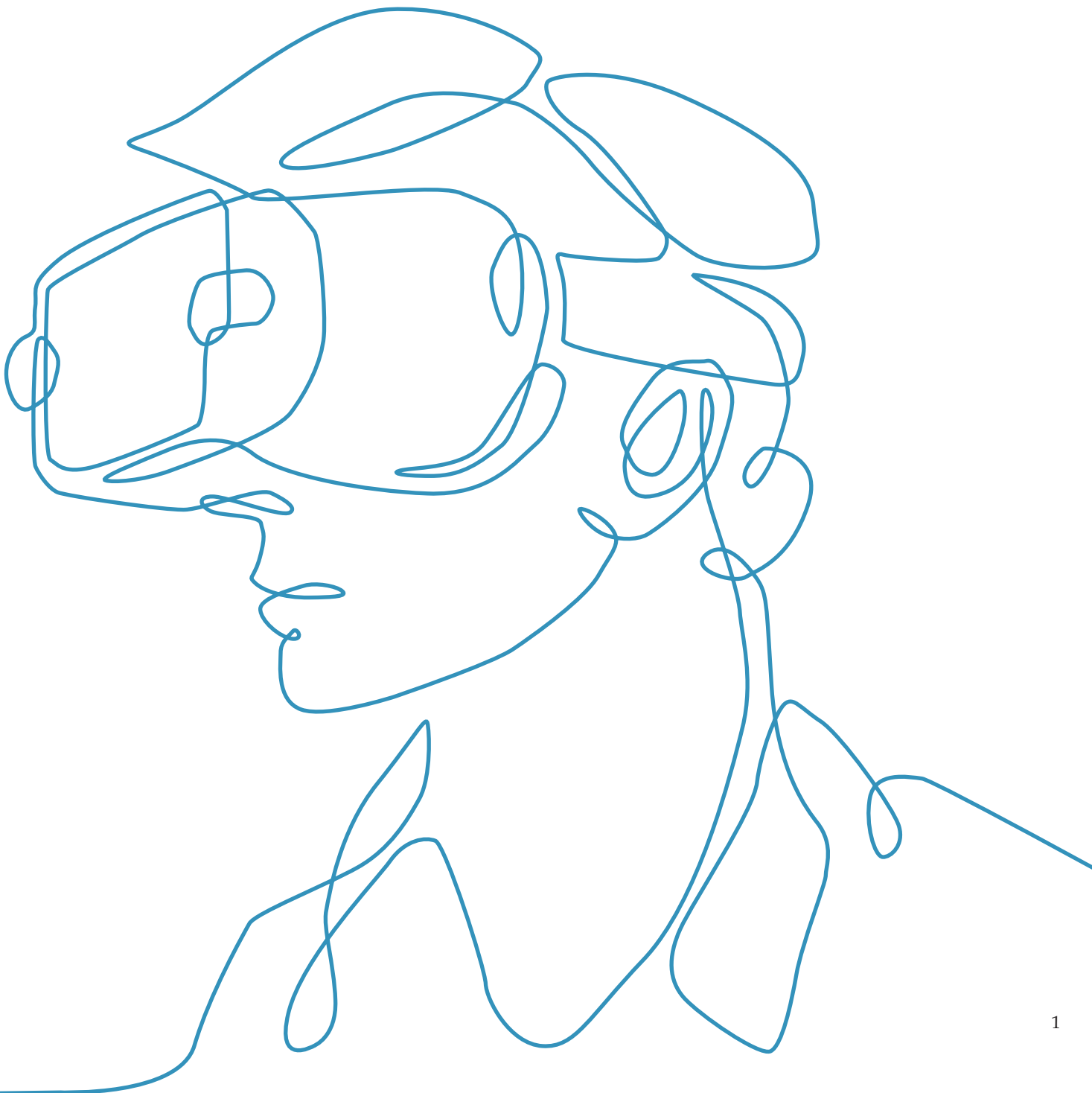


Realidad Aumentada vs Realidad Virtual
Herramientas emergentes de comunicación arquitectónica



*Realidad Aumentada vs Realidad Virtual:
Herramientas emergentes de comunicación arquitectónica*

Estudiante
Esther Galeote Barquín

Tutor
Eduardo Javier Gómez Pioz
Departamento de Ideación Gráfica Arquitectónica

Aula TFG 7
Eduardo Javier Gómez Pioz, coordinador
Pilar Horna Almazán, adjunta
Cuatrimestre de otoño de 2020

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid
Universidad Politécnica de Madrid

ÍNDICE

0. RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

1. REALIDAD AUMENTADA

1

- Qué es
- CARACTERÍSTICAS GENERALES
- TIPOS DE REALIDAD AUMENTADA

CÓMO FUNCIONA

LA R.A. EN EL PROCESO DE IDEACIÓN ARQUITECTÓNICO

CÓDIGO QR

- ¿Qué son?
- ¿Qué tipo de información puede incluir un Código QR?
- ¿Cómo se llega a esta información?
- Apariencia
- Tipos de Código QR
- Arquitectura aumentada con código QR
 1. Crystal Rock (MVRDV)
 2. Centro de llamadas TeleTech (MVRDV)
 3. N Building Tokio (TERADA DESIGN ARCHITECTS)
 4. Pabellón de Rusia, Venecia

2. ESTUDIO DE LAS APLICACIONES DE LA REALIDAD AUMENTADA

11

- PATRIMONIO CULTURAL
 1. Proyecto ARCHEOGUIDE, (Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide)
 2. Proyecto LIFEPLUS
 3. Cultural Heritage Layer
 4. La Capilla Mayor de la Catedral de Valencia
 5. La Lonja de la Seda
- TURISMO
 1. Geoturismo en Segovia (2011/2012)
 2. 5G Augmented Tourism (Barcelona)
 3. Palacio Changdeokgung (Corea)
- PROCESO DE CONSTRUCCIÓN ASISTIDO POR LA REALIDAD AUMENTADA
- URBANISMO
 1. RA proyectada
 2. RA para instalaciones artísticas en espacios arquitectónicos y urbanos

3. REALIDAD VIRTUAL

27

- Qué es
- Características de la Realidad Virtual

RECONSTRUCCIONES VIRTUALES

- La Catedral de Victoria-Gasteiz
- Villa de Briviesca en el siglo XIV
- La Capilla de Belén del Convento Santa Fe de Toledo

LA REALIDAD AUMENTADA Y LA REALIDAD VIRTUAL COMO RECURSO

MUSEOGRÁFICO

- Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava, (Jaén)
- Museo Nacional, (Singapur)
- Galería de Arte de Ontario (Toronto)
- La Institución Smithsonian, (Washington DC)
- El Centro Espacial Kennedy, (Merritt Island)
- Museo de Arte Pérez, (Miami)
- Instituto Franklin, (Filadelfia)
- Tate Modern, (Londres)
- Museo Nacional de la Historia Natural, (París)

MUSEO VIRTUAL

- Museo Kremer (Sin Ubicación)

QUÉ ES EL ARTE DIGITAL

ESCULTURAS VIRTUALES DE CHAD KNIGHT

4. DIFERENCIAS ENTRE RA Y RV

57

5. CONCLUSIONES

59

6. ANEXO

63

7. BIBLIOGRAFÍA

73

RESUMEN

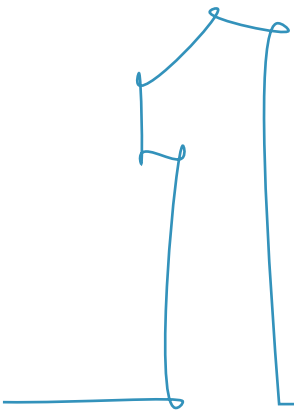
Se elabora una recopilación de información sobre las tecnologías de Realidad Aumentada y Realidad Virtual, que son relativamente recientes en el ámbito arquitectónico, focalizando sobre todo en las diferencias entre ellas.

En el primer bloque, se empieza explicando de la realidad aumentada: los conceptos generales, características y seguido de ello, se estudia en qué manera interfiere en la figura del arquitecto. Por último, se hace un estudio de las diferentes aplicaciones de la Realidad Aumentada ligadas a la arquitectura.

En el segundo bloque, se explica las características más generales de la Realidad Virtual, en donde también se recopila varios casos de estudio de reconstrucciones virtuales utilizando esta tecnología. Además, se les da importancia a los organismos/instituciones de divulgación como son los museos y se ve varios casos en los que se ha usado alguna de estas tecnologías y de qué manera. Para finalizar este segundo bloque se menciona al arte y a la escultura y su conexión con la realidad virtual.

El último bloque y no menos importante se basa en las diferencias que hay entre ambas tecnologías, una vez que el lector ya se ha creado una idea de cada una previamente, dejando constancia de que no son lo mismo. Se pretende explicar los dos conceptos en profundidad y de dar una visión de cómo influye en determinadas partes de la arquitectura.

Palabras Claves: Tecnología, Realidad Aumentada, Realidad Virtual, Aplicaciones, Reconstrucción, Diferencias, Comunicación.



LA REALIDAD AUMENTADA

QUÉ ES LA REALIDAD AUMENTADA

La realidad Aumentada (RA) es una tecnología emergente que permite superponer información virtual adicional al visualizar imágenes del mundo real a través de un dispositivo capacitado para ello.

El sistema de realidad aumentada, por lo tanto, genera una visión compuesta. Es una combinación de la escena real vista por el usuario y la escena virtual generada a través de un dispositivo. Esto aumentará la información de la imagen, es decir, la complementa. Se puede decir que la realidad aumentada es una realidad complementaria y que enriquece al entorno físico y no aquella que lo reemplaza.

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Una vez explicado de qué se trata, se puede recoger una serie de rasgos característicos como:

- Combina elementos del entorno físico real con elementos virtuales.
- Trabaja con imágenes, textos, modelos tridimensionales, vídeos...
- Actúa en tiempo real
- Necesita de un dispositivo que pueda reproducir la realidad combinada que genera.

TIPOS DE REALIDAD AUMENTADA

-Estática: Hace referencia a aquellos objetos virtuales tridimensionales que permanecen sin movimiento ni interacción en la pantalla. Normalmente, se emplean marcadores como el código qr para que el dispositivo lo escanee y aparezca la imagen en la pantalla.

-Dinámica: Los objetos virtuales se pueden desplazar e interactuar con el usuario ya que pueden contener más información que requiera más acciones por parte del usuario para visualizarlas. Este tipo engloba a la mayoría de las aplicaciones de realidad aumentada o juegos.

-De Geolocalización: Aquellas que captan la ubicación del usuario, es necesario la previa activación de esta en el dispositivo. A través del dispositivo del usuario, se visualiza la imagen del entorno físico en el que se encuentre con información digital adicional en 3D superpuesta. La RA como tecnología que se basa en la ubicación, da lugar a un amplio abanico de información que no se puede obtener de otras fuentes acerca de la ubicación. En este tipo se encuentran aplicaciones con fines turísticos, de ocio o sobre restaurantes; y aquellas que su función sea la localización de servicios como transporte público, gasolineras, farmacias...



Fig.1. Realidad Aumentada de Geolocalización
Elaboración propia.

CÓMO FUNCIONA

Es una tecnología capaz de crear nuevos mundos, enriqueciéndolos o completándolos a través del mundo real y modelos virtuales que los hace coexistir al mismo tiempo en el ciberespacio. 'La integración de objetos y mundos reales y virtuales, a veces agregados, combinados o fusionados o intercambiados, es el área de la creación y manejo de mundos integrados o realidad mezclada. Esta área de la visualización se basa en una estrategia de visualización e interactividad que hace uso de muchas tecnologías y de diferentes áreas de visualización científica'. (1)

Estas áreas de visualización son los diferentes dispositivos tecnológicos que actúan de intermediario entre el usuario y el mundo.

'Del procesamiento de imágenes toma la cualidad de resaltar aspectos en las imágenes captadas por la cámara de video, estos rasgos son analizados por procesos de visión para extraer propiedades geométricas del entorno y los objetos'. (1)

El proceso general a seguir sería el siguiente: primero se recogen una serie de indicios del mundo real tal cual lo conocemos, después estos datos recogidos son tratados por un sistema de realce de objetos para elaborar la escena de cara a la fragmentación o erradicación de objetos reales y reconocimiento de patrones o marcadores. Con este procedimiento se consigue que se pueda detectar en qué lugar hay que quitar un objeto real para poner uno virtual, cuál es ese objeto virtual específico para esa escena y en qué posición y perspectiva hay que insertarlo.

Para agilizar todo el procedimiento, es conveniente previamente crear una serie de base de datos y probar al sistema para ahorrar tiempo en algunos cálculos mientras se ejecuta.

Por otro lado, factores como la posición, la perspectiva y la correspondencia geométrica entre ambos mundos, no se puede anticipar; sino que tiene que hacerse en tiempo real. Esta ordenación de ambos mundos se consigue transformando información 2D a 3D, partiendo por ejemplo de imágenes de vídeos sacadas por marcadores de referencia en el mundo real y de aspectos de perspectiva que también se pueden extraer como el contorno de muros, geometrías...

'Cuando se conocen las propiedades del dibujado (...) se crean o sintetizan y se pasan al proceso de composición de la señal de vídeo de salida. (...) Esta nueva señal, mezcla de ambos mundos, es transferida a los monitores o proyectores'. (1)

En último lugar, esta señal que incluye un modelado virtual se dirige al sistema visual humano. Si el sistema genera solamente una única imagen, el usuario verá en una dimensión 2D. Sin embargo, si genera varias imágenes teniendo en cuenta el ángulo de perspectiva con el que cada ojo lo percibe es cuando se puede ver en tridimensional.

(1) Revista Digital Universitaria, 10 Agosto (2004), La Realidad Aumentada: Una tecnología en espera de usuarios, Volumen 5 Número 7 • ISSN: 1067-6079

La cadena de pasos deriva en un sistema de rasgos que caracteriza a la realidad aumentada.

1. Mezcla objetos reales y virtuales creando nuevos mundos al existente.
2. Los indicios o señales y sus modelados virtuales se ejecutan en tiempo real.
3. Las aplicaciones son interactivas.
4. Tanto los objetos reales como virtuales quedan guardados y ordenados geoméricamente entre ellos dentro del espacio, para aportar una coherencia.

LA R.A. EN EL PROCESO DE IDEACIÓN ARQUITECTÓNICO

El arquitecto siempre ha tenido la necesidad de expresar sus ideas, factor que dependía de la técnica de dibujo. Tradicionalmente se hacía expresando la idea tridimensional que tenía el arquitecto en la cabeza en un papel, gracias a conocimientos base como la geometría proyectiva. Este proceso clásico, a pesar de tener cierta complejidad, requiere más tiempo que el actual. En cuanto a las maquetas físicas, otro medio para expresar la idea; resulta algo inviable el tiempo que se necesita entre que se llega a la idea de proyecto y se desarrolle la maqueta. Partiendo de la base que no sería una única maqueta conceptual inicial sino una por cada idea nueva, se podría decir que los arquitectos se ven en cierta manera forzados a expresarse mediante croquis a mano que más adelante cogerán forma de planos bidimensionales. A pesar de que supuso un avance los programas CAD, no llegaban a facilitar del todo el proceso. Sin embargo, la realidad aumentada puede ahorrar el tiempo de elaboración de muchas maquetas físicas, con la ventaja de seguir simultáneamente trabajando en un papel o con un programa CAD o BIM si se desea. Debido a la opción de visualización de la maqueta digital, se pueden tomar decisiones y cambios sobre ella sin tener que modificar el resto y trabajando sobre un mismo modelo.

‘Los resultados arquitectónicos son una consecuencia de los medios que usamos, podríamos estar en presencia de una metodología que puede retar a las herramientas tradicionales y, por tanto, susceptible de desarrollar una arquitectura nueva y diferente.’ (2)



Fig.2. Visualización del espacio.

Mohammed-Amin, R. K. (2010). Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>

Fig.3. Maqueta virtual. Edición propia

<https://www.arcus-global.com/wp/realidad-aumentada-en-la-construccion/>

(2) Urdiales, C; Ruiz, A; Fernández-Ruiz, J.A.; Sandoval, F., Enero (2004), Subido en Junio 2014, *Ideación Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada*. Dpto. Tecnología Electrónica, ETSI Telecomunicación, Univ. Málaga, Campus de Teatinos., Dpto. de Expresión Gráfica, Arquitectónica y en la Ingeniería, ETS Arquitectura, Univ. Granada, Campus de Fuentenueva. Recuperado en: <https://www.researchgate.net/publication/229041239>

CÓDIGO QR

Es una parte que juega un papel importante ya que en algunas ocasiones es el paso previo para crear Realidad Aumentada. Un proceso tipo sería escanear el código qr con un dispositivo capaz de ello y a través de la cámara del dispositivo se vería la información virtual del código sobre el entorno físico. Para entender un poco mejor el funcionamiento, se recopila cierta información sobre el código qr.

¿Qué son?

Creados por la empresa japonesa Denso-Wave en 1994, 'los códigos QR que responden a las palabras inglesas "Quick Response" son un tipo de códigos de barras bidimensionales. A diferencia de un código de barras convencional (por ejemplo, EAN-13, Código 3 de 9, UPC), la información está codificada dentro de un cuadrado, permitiendo almacenar gran cantidad de información alfanumérica en una matriz de puntos.' (3).

Fig. 4 y Fig. 5. Tipos de códigos
Fuente: Google



¿Qué tipo de información puede incluir un Código QR?

Conecta con el dispositivo rápidamente para llevar a cabo acciones virtuales de manera instantánea como las siguientes:

- Enviar un SMS
- Realizar una llamada telefónica
- Guardar un evento en la agenda
- Abrir la URL de una página Web o perfil social
- Leer un texto
- Enviar un email
- Ubicar una posición geográfica en Google Maps

¿Cómo se llega a esta información?

La forma rápida es mediante un dispositivo que permita la lectura de este tipo de códigos ya sea un smartphone, una Tablet o un PC.

Apariencia

Debido a su diseño característico de los cuadrados siempre ubicados en las dos esquinas superiores y en la esquina inferior izquierda, hace que sea muy reconocible. Éstos cuadrados de esquinas se llaman marcadores de posición, que ayuda al lector de los códigos a situar el límite de este. El resto de los cuadrados que lo componen se llaman módulos y cada uno ofrece un tipo de información específica.

Fig.6. Código QR
Elaboración propia



(3) Código QR (s.d.). Recuperado en:
<https://www.codigos-qr.com/>

En este caso he generado un código en el que he metido la información que he querido y que se puede leer escaneándolo a través del dispositivo móvil.

Tipos de Código QR

- Estático: la característica principal es que no se puede variar el contenido, se mantiene siempre la misma información
- Dinámico: tiene la misma apariencia que el estático solo que sí nos permite cambiar el contenido, es decir la información es variable.



Fig.7 Código QR
Elaboración propia

ARQUITECTURA AUMENTADA CON CÓDIGO QR

Crystal Rock (MVRDV)

Situado en Stuttgart, sur de Alemania, se encuentra un nuevo proyecto de edificio de oficinas llamado “Roca de cristal” diseñado por el estudio holandés MVRDV. ‘El edificio será literalmente un hito, su fachada diseñada como una roca de cristal es interactiva y transmite la topografía de la ciudad y mensajes sobre la historia y la gente’ (4). Este edificio con código qr forma un mapa pixelado en la fachada.



Fig.8 y Fig.9. Crystal Rock. MVRDV
Mvrdv, 30 enero (2018), The Milestone.Alemania: Autor. Recuperado de: <https://www.mvrdv.com/projects/326/the-milestone>

Centro de llamadas TeleTech (MVRDV)

En la ciudad Dijon, Francia, había un laboratorio abandonado. Este estudio lo transformó en un centro de llamadas con un centro educativo. En este proyecto ‘La fachada no pudo ser reemplazada debido al presupuesto, sino que se transforma mediante una simple impresión de un código QR relacionado con las actividades de la empresa, que actúa como herramienta comunicativa y señala la transformación del edificio’(5). De este modo cualquier persona que pase por los alrededores del centro, puede escanear la fachada e interactuar con la realidad aumentada a través de su dispositivo, por lo que el código qr hace de medio de comunicación directo del uso del edificio o empresa. La fachada hace de comunicador.



Fig.10 y Fig.11 .Teletech Campus
Edición propia. Mvrdv (2012), Teletech Campus.
Autor. Recuperado de: <https://www.mvrdv.nl/projects/42/teletech-campus>

(4) Mvrdv, 30 enero (2018), *The Milestone*.Alemania: Autor. Recuperado de: <https://www.mvrdv.com/projects/326/the-milestone>

(5) Mvrdv (2012), *Teletech Campus*. Autor. Recuperado de: <https://www.mvrdv.nl/projects/42/teletech-campus>

(6) Terada Design: Autor. Recuperado de: <https://www.idnworld.com/creators/TeradaDesign>

(7) Welch, A., 26 Diciembre (2020), *N Building Tokyo*, Japan: Tachikawa-shi. Recuperado de: <https://www.e-architect.com/tokyo/n-building-tokyo>. Home > Tokyo architecture: buildings > N Building Tokyo, Japan: Tachikawa-shi.

N Building Tokio (TERADA DESIGN ARCHITECTS)

Cerca de la estación Tachikawa, se realiza una torre comercial a manos de la empresa de producción digital Qosmo y del estudio Terada design que tiene fama por hacer uso de la tecnología en sus diseños; en este caso se trata de una fachada interactiva de realidad aumentada a través de códigos qr.

“El diseño de señalización y el diseño arquitectónico deben trabajar juntos desde una etapa temprana. He visto muchos sistemas de señalización que han destruido efectivamente la arquitectura/ el interior”(6)

Las dos empresas trabajaron para llevar a cabo el diseño de la fachada utilizando códigos qr bidimensionales, así los usuarios pueden apuntar con el dispositivo móvil y ver información de las tiendas que hay dentro. También, dentro de la parte de RA, pueden aparecer vídeos, mensajes de información, personajes que se superponen en vivo, decoración virtual como un árbol de navidad...

De este modo no hacen falta letreros publicitarios en la fachada ni “obstáculos” de señalización, sino que se queda un paisaje urbano más “limpio” y con mayor precisión de información.

“Nuestro objetivo es brindar un incentivo para visitar el espacio y una conexión virtual al espacio sin necesariamente estar presente.” (7)

Fig.12 y Fig.13. N Building Tokio
Edición propia. Welch, A., 26 Diciembre (2020), *N Building Tokyo*, Japan: Tachikawa-shi. Recuperado de: <https://www.e-architect.com/tokyo/n-building-tokyo>. Home > Tokyo architecture: buildings > N Building Tokyo, Japan: Tachikawa-shi.



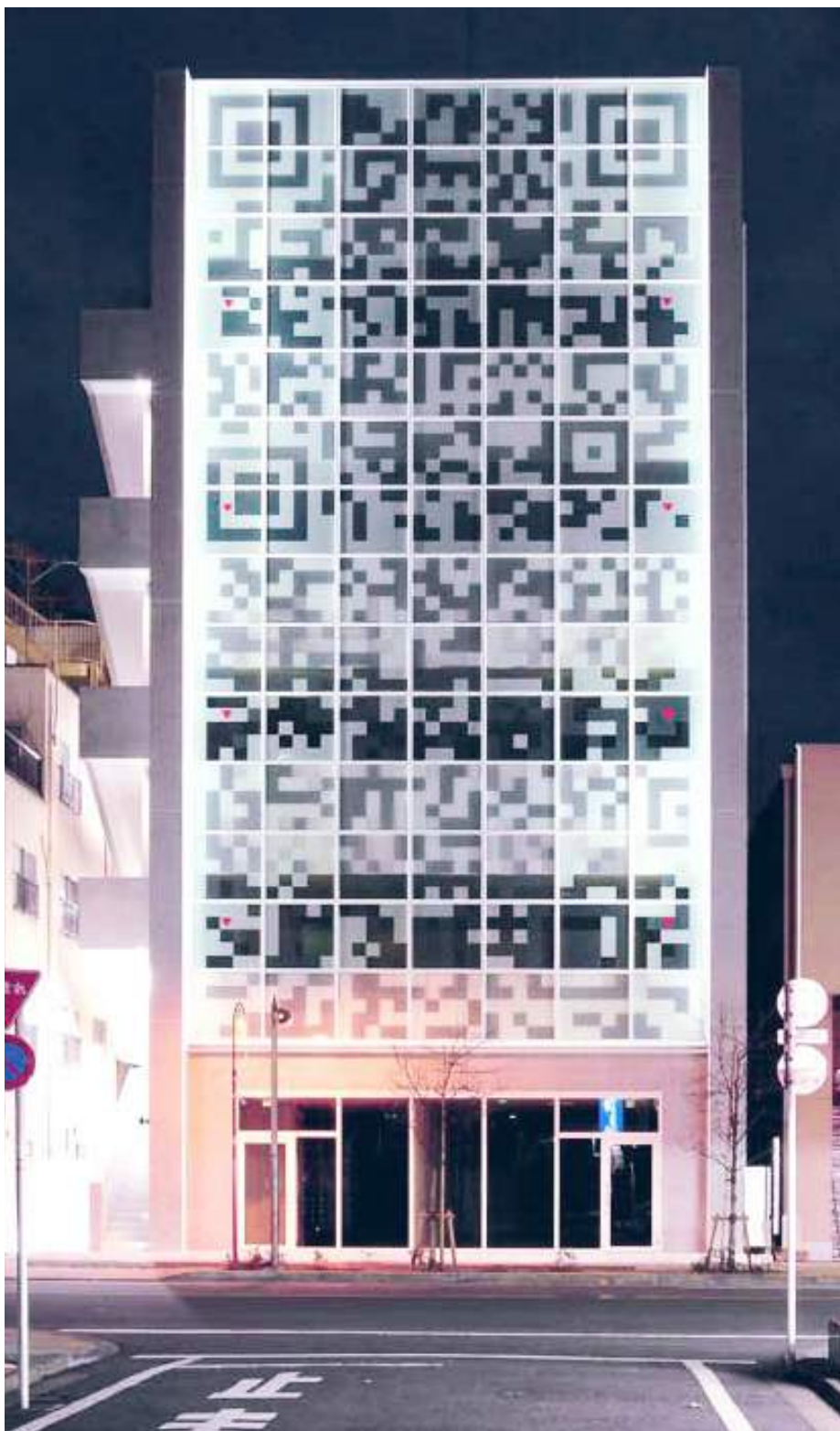


Fig.14. N Building Tokio
Edición propia. Welch, A., 26 Diciembre (2020), N Building Tokyo, Japan: Tachikawa-shi. Recuperado de: <https://www.e-architect.com/tokyo/n-building-tokyo>. Home > Tokyo architecture: buildings > N Building Tokyo, Japan: Tachikawa-shi.

(8)Yoo, A., 29 Agosto, (2012), *Russia's Futuristic QR Code Covered Pavilion*. Recuperado de: <https://mymodernmet.com/russia-pavilion-venice-architecture-biennale/>
(9)Etherington,R., 29 Agosto (2012), *Russian Pavilion at the Venice Architecture Biennale*. Recuperado de: <https://www.dezeen.com/2012/08/29/russian-pavilion-at-venice-architecture-biennale-2012/>

Pabellón de Rusia, Venecia

Pabellón futurista en la Bienal de Arquitectura de Venecia, cuya superficie interior (suelo, paredes y cubierta) está envuelta de códigos qr que los usuarios escanean a través de sus dispositivos móviles o tablets y acceden a un recorrido virtual de la ciudad rusa llamada Skolkovo, dedicada a la ciencia.

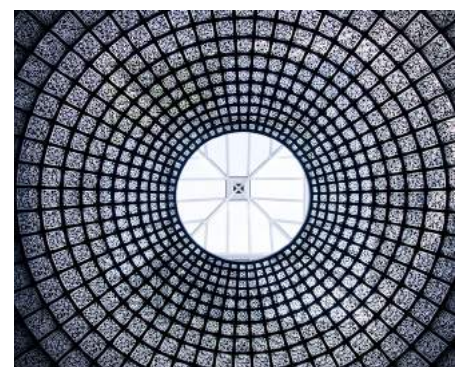
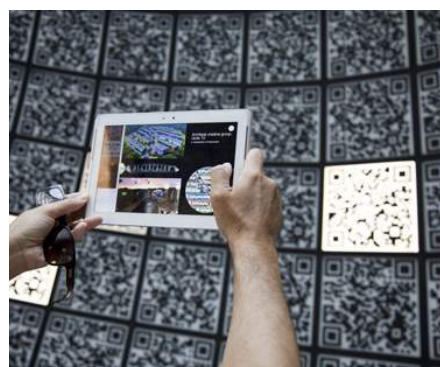
‘Grigory Revzin, comisionado del pabellón, declaró: “Skolkovo es un proyecto de alta tecnología, se trata de innovación, de un nuevo nivel de vida, de cómo la ciencia y las tecnologías modernas entran en la vida humana. Por eso nuestra exposición es excepcional este año. Hemos creado un espacio que es físico y virtual al mismo tiempo.” (8)

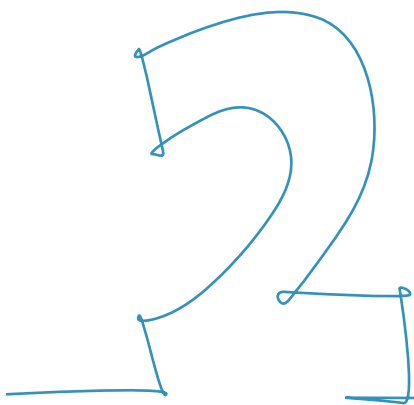
En la planta baja, los usuarios pueden entrever mediante dispositivos ciudades secretas dedicadas a la ciencia que ya están cerradas establecidas por la Unión Soviética. Eran ciudades que durante la guerra fría se crearon para la investigación tecnológica y científica por todas partes del país y que los soviéticos mantuvieron en secreto su existencia. En ellas trabajaban muchas personas que, por las condiciones de trabajo para el servicio secreto, estaban aisladas de la sociedad. Es decir, excepto para el servicio secreto ruso, eran invisibles. En la exposición llaman a estas ciudades secretas “*I-land*”.

En la planta superior, se encuentra Skolkovo la nueva ciudad llamada a ser centro de innovación de ciencia y tecnología avanzada. A esta ciudad del futuro le llaman “*I-city*”.

Según afirman los curadores, ‘Hemos tratado de encontrar una metáfora de la arquitectura para conectar lo real y lo virtual. La gente de hoy vive en la intersección de en línea y fuera de línea; “nuestro terreno común” se está convirtiendo en un cifrado para espacios mentales infinitos.’ (9)

Fig.15, Fig.16, Fig.17 y Fig.18. Pabellón de Rusia
Fotografías de Patricia Parinejad.
Etherington,R., 29 Agosto (2012), *Russian Pavilion at the Venice Architecture Biennale*. Recuperado de: <https://www.dezeen.com/2012/08/29/russian-pavilion-at-venice-architecture-biennale-2012/>





**ESTUDIO DE LAS APLICACIONES
DE LA REALIDAD AUMENTADA**

(10) Ruiz Torres, D., 2011, *Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural*, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113

PATRIMONIO CULTURAL

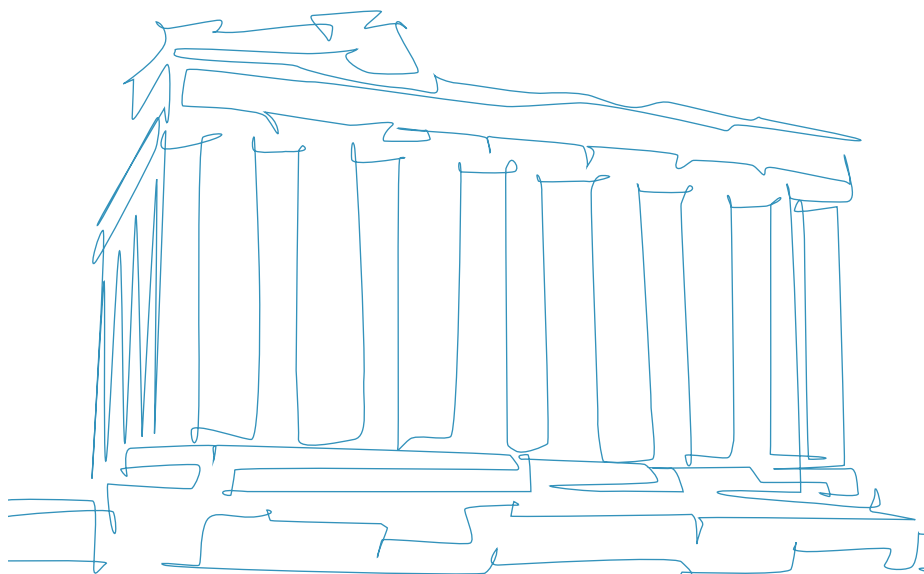
La Realidad Aumentada tiene una gran importancia en el campo del Patrimonio Cultural. Al insertar objetos virtuales a la imagen real hace que mejore la capacidad del entendimiento y la enriquece. Estas imágenes resultantes son lo que se llaman “*espacios aumentados*”. Debido a esta tecnología, los entornos patrimoniales tienen mayor divulgación y puesta en valor, ya que ayuda a la forma de interpretar el patrimonio y conocerlo mejor.

‘La labor arqueológica se centra en la reconstrucción del pasado a través de sus restos conservados pero muchas veces es difícil saber interpretar para el no erudito en la materia esos datos obtenidos mediante las excavaciones realizadas en un determinado yacimiento.’ (10)

Por ello, la realidad aumentada permite reconstruir el yacimiento superponiendo el edificio virtualmente sobre los restos arqueológicos existentes.

A continuación, se describirán una serie de proyectos en los que se muestra el uso de esta tecnología relacionada con el patrimonio cultural.

Fig.19. Elaboración propia



Proyecto ARCHEOGUIDE, (*Augmented Reality-Based Cultural Heritage On-Site Guide*)

Se llevó a cabo con el propósito de utilizar esta tecnología en restos de yacimientos arqueológicos en Grecia, concretamente en el sitio arqueológico de Olimpia. Se propuso que los visitantes llevaran a cabo la visita guiada acompañados de sus dispositivos móviles y tablets, de esta manera podían observar las reconstrucciones virtuales de los edificios en 3D sobre las ruinas y ser conscientes del paso del tiempo en el entorno. La aplicación de Realidad Aumentada tuvo que ver en sitios como el Templo de Hera, el Stadium, el Philippeion y el Templo de Zeus.



Fig.20 y Fig.21 .Templo de Hera
Vlahakis et al., (2001) citado en Ruiz Torres, D.,2011, Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113

Al margen de las reconstrucciones virtuales, en este proyecto los visitantes también podían ser participes de escenas interactivas mediante personajes virtuales que realizaban las labores del sitio en el que estuvieran, haciendo al visitante viajar en el tiempo.



Fig.22. Recreación escenas con personajes animados
Vlahakis et al., (2001) citado en Ruiz Torres, D.,2011, Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113

Proyecto LIFEPLUS

A través del grupo de investigación *MIRALab*, la Universidad de Ginebra en Suiza llevó a cabo este proyecto sobre realidad aumentada en el yacimiento arqueológico de Pompeya. En este caso, se trataba de dar vida a avatares virtuales tridimensionales que recreaban escenas, así como la inserción de la flora y fauna sobre el entorno real. En cuanto al diseño de la parte virtual se basaron tanto en las pinturas que aún se conservaban y que mostraban escenas de aquella época como en la opinión de historiadores. Para hacer posible la recreación de escenas por los avatares virtuales junto con la narración de la historia y los sonidos, se dispusieron unas gafas inalámbricas de realidad aumentada en la que los visitantes podían ver los elementos virtuales sin perder constancia del entorno físico real.

(10) Ruiz Torres, D., 2011, *Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural*, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113

‘La aplicación se puso en práctica en el *thermopolium* o taberna de Vetitutus Placidus de Pompeya donde se recreó una escena con un diálogo ficticio entre Vetitutus y otro personaje llamado Celer. También se recrearon escenas en otros escenarios como dos mujeres paseando por un pórtico, un niño corriendo por las estancias de una *domus*, y otras escenas domésticas y de la vida cotidiana de la antigua Pompeya.’ (10)

Fig.23. Dos mujeres paseando por un pórtico

Fig.24. Recreación en la taberna de Vetitutus Placidus de Pompeya

Fig.25. Hombre visualizando las escenas

Fig.26. niño corriendo por las estancias de una domus

MIRALab (Vlahakis et al., 2003; Papagiannakis et al., 2002) citado en Ruiz Torres, D., 2011, *Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural*, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113



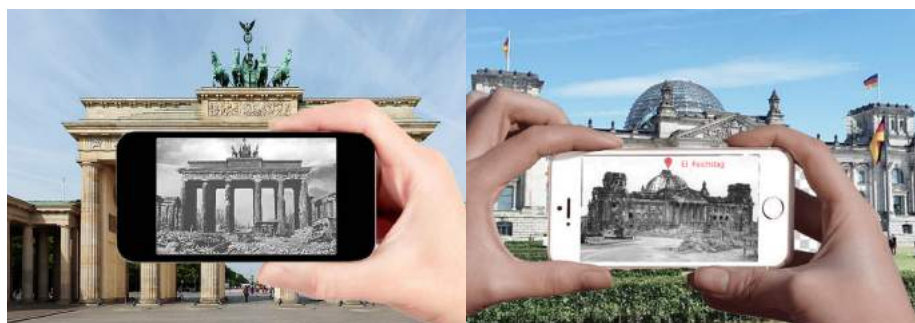
Cultural Heritage Layer

Bajo la experiencia del Instituto Fraunhofer en Darmstadt (Alemania), se fomentó un nuevo sistema de RA para visitantes de sitios históricos y arqueológicos a través del término “*Cultural Heritage Layer*”. Quiere decir que al entorno real se le superpone documentos gráficos como imágenes, mapas, etc. Reconstruyendo así la historia de manera rápida y realista. La diferencia de este proyecto con el resto es que no es necesario ningún modelo virtual para superponerlo a la imagen, sino que simplemente se utiliza un lenguaje 2D para crear esa realidad mixta.

Este sistema se aprovechó en Berlín cuando fue el aniversario de la caída del muro, en la aplicación “*20 Years since the Fall of the Berlin Wall*”. Sobre el Patrimonio Histórico se realizó un tour por los monumentos o edificios más emblemáticos y a través del dispositivo móvil se podían ver las imágenes reales de la época pasada combinadas con el lugar actual. Permitted ver el cambio de la arquitectura, del pavimento, del entorno...

Fig.27. “20 Years since the Fall of the Berlin Wall”

Elaboración propia



En España también ha habido proyectos en los que se lleve a cabo la realidad aumentada como es el caso de:

La Capilla Mayor de la Catedral de Valencia

Realizado por la Universidad Politécnica de Valencia, utilizó esta tecnología para la reconstrucción virtual mediante técnicas fotogramétricas. El objetivo era en que el visitante pudiera ver la capilla mayor de la catedral de Valencia en aumento, 'en la que se reproducía la imagen barroca de la misma con la representación de la bóveda barroca, desmontada actualmente, y el retablo de plata con temas de la Virgen que fue fundido durante la Guerra de la Independencia.' (10) Mediante una aplicación que requería gafas de RA o HMDs (del inglés *head-mounted display*), el visitante podía apreciar tanto la bóveda barroca como el retablo de plata con mayor detalle. La experiencia aumentada fue posible ya que en los pasos previos se utilizó un escáner láser terrestre que permite captar cada detalle para luego hacer el 3D, técnicas fotogramétricas y en el caso del retablo se necesitaron los documentos gráficos que se conservan en el archivo de la catedral para sacar de ahí el modelo digital.

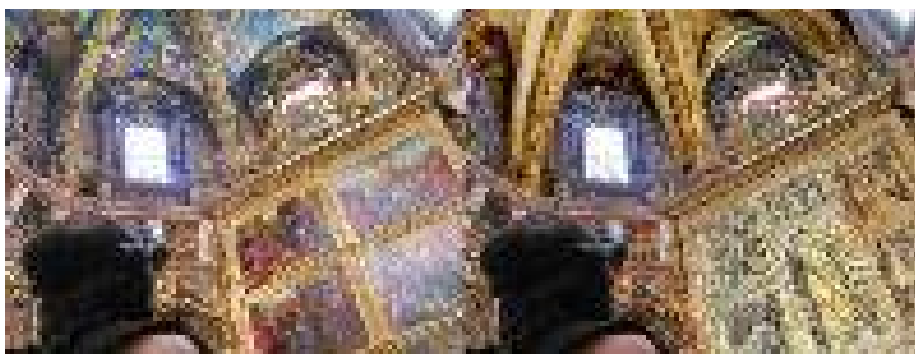


Fig.28. Ensayo de Realidad Aumentada presentado por la Universidad Politécnica de Valencia en la Capilla Mayor de la Catedral. (Portalés, 2009, p. 325) citado en Ruiz Torres, D.,2011, Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113

Tuvieron que hacer frente a algunos problemas como la iluminación que podía interferir y dificultar el reconocimiento de la superficie de la capilla y la complejidad geométrica que también hacía que fuera un poco inestable la imagen. La solución fue acortar el espacio de movimiento del usuario.

En este proyecto por lo tanto se pudo "restaurar" un determinado objeto cultural, exponiendo elementos inexistentes o que pertenecen a otro momento histórico sobre la imagen real de los restos de ese objeto o sobre el estado actual.

La Lonja de la Seda

Otro proyecto realizado en Valencia por el Departamento de Expresión Gráfica Arquitectónica de la Universidad Politécnica de Valencia y en colaboración con Labhuman, utilizó la realidad aumentada con el objetivo de aumentar su accesibilidad a distintas partes del edificio. De esta manera se preservaba mejor el patrimonio ya que el visitante no tenía la necesidad de ampliar su visión con un zoom de cámara si no que vivía esta experiencia aumentada. También se quiso revalorizar el edificio y aumentar el acercamiento al público, empleando este recurso tecnológico como atractivo turístico.

Con la realidad aumentada se resolvía ese acercamiento a objetos o partes que estuvieran a grandes distancias en las que es difícil observar los detalles y el acceso visual a zonas que estuvieran cortadas al movimiento del visitante.

(10) Ruiz Torres, D.,2011, *Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural*, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113

(11) Puyuelo Cazorla, M., Val Fiel, M., Hígon Calvet, J., Merino Sanjuán, L., oct 2015, *De la representación a la experiencia. Realidad Aumentada para la interpretación del patrimonio monumental de la Lonja de Valencia*, EGA Expresión Gráfica Arquitectónica, [S.l.], n. 26, p. 180-189, ISSN 2254-6103. Disponible en: <<https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/4051>>. doi:<https://doi.org/10.4995/ega.2015.4051>.

Los autores del proyecto destacaron que era una aplicación poco invasiva para el edificio cultural y que, a su vez, permitía la interacción con el visitante de manera autónoma de forma eficaz e intuitiva.

‘En el caso del patrimonio cultural y el ámbito museístico en particular, el empleo de sistemas de Realidad Virtual constituye una tendencia consolidada: Mostrar reconstrucciones históricas imposibles de visitar, mostrar su cronológica y proyectos gráficos de reconstrucciones destinadas a la docencia, son algunas de sus aplicaciones más conocidas’ (11)

El proyecto se basó en una serie de soportes y dispositivos tecnológicos repartidos en distintas partes del edificio en los que se observaban los modelos virtuales.

‘Un equipamiento técnico de 23” con webcam, ordenador portátil i7, panel de presentación y las marcas impresas en mate sobre forex con los elementos a visualizar’ (11)

Los modelos que se representaron digitalmente fueron: ‘La columna helicoidal con la basa y el módulo del fuste, escalera de caracol que activa la visualización de los peldaños independientes y su composición en la caja de escalera, arranque de los nervios de la bóveda con imagen descriptiva de la plementería coloreada, artesonado de la sala del tribunal, tracería de ventanal y detalle superior, clave de una de las bóvedas del salón columnario, motivo del pavimento *trompe l’oeil* y detalles de la puerta superior del Consulado del Mar.’ (11)

Hay dos fases en el proceso de realización; la primera es la toma de datos y elaboración de los objetos 3D y la segunda la creación de las marcas de la interfaz.

En la selección de objetos para modelar, diferenciaron dos categorías; los elementos constructivos que eran muy volumétricos como una escalera o un capitel y los que estaban anexos al plano como un pavimento, una puerta... y los modelaron geoméricamente.

‘En alguno de los casos, la intención no era tanto mostrar la forma del objeto de modo descriptivo, sino su relación constructiva con otros elementos del edificio’(11)

Como aspecto final de los modelos virtuales se tuvo en cuenta la iluminación para crear unas sombras proyectadas realistas, los materiales y un mapeado de texturas para hacer una réplica lo más exacta posible.

Fig.29, Fig.30 y Fig.31. Visualización de objetos Puyuelo Cazorla, Marina et al. De la representación a la experiencia. Realidad Aumentada para la interpretación del patrimonio monumental de la Lonja de Valencia. EGA Expresión Gráfica Arquitectónica, [S.l.], n. 26, p. 180-189, oct. 2015. ISSN 2254-6103. Disponible en: <<https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/4051>>. Fecha de acceso: 29 dic. 2020 doi:<https://doi.org/10.4995/ega.2015.4051>.





Fig.32. Lonja de Valencia
Puyuelo Cazorla, M., Val Fiel, M., Higón Calvet, J., Merino Sanjuán, L., oct 2015, De la representación a la experiencia. Realidad Aumentada para la interpretación del patrimonio monumental de la Lonja de Valencia, EGA Expresión Gráfica Arquitectónica, [S.l.], n. 26, p. 180-189, ISSN 2254-6103. Disponible en: <<https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/4051>>. doi:<https://doi.org/10.4995/ega.2015.4051>.

TURISMO

Para que haya o llegue a más personas el turismo, hay que tener en cuenta la difusión y divulgación pública y la puesta en valor del patrimonio. Hay muchas formas de divulgación y difusión, pero a las que suelen tener un enfoque turístico se las llama geoturismo. Para el funcionamiento de estas actividades se han propuesto maneras interactivas y recursos que han ido evolucionando desde los posters a los folletos informativos, pasando por las audioguías. A pesar de ello hay que seguir evolucionando y actualizando los recursos.

Desde hace tiempo, los blogs, foros o páginas web han estado presentes y han sido comunicadores para el turismo. Sin embargo, el consumo de información se acerca cada vez más a los dispositivos móviles. Esa actualización de recursos es la Realidad Aumentada (RA), cuya aplicación funciona partiendo de la localización del usuario y sabiendo hacia dónde se quiere dirigir, si hay algún objeto en esa capa o filtro se mostrará en la pantalla del dispositivo del usuario.

Fig.33. Elaboración propia



Geoturismo en Segovia (2011/2012)

El Ayuntamiento de Segovia junto con la empresa Augemt, iniciaron un proyecto de Guía Turismo a través de esta tecnología. Con ello se pretendía un nuevo concepto de guía donde la información no nos aparece solo a modo de lectura, sino que se puede interactuar con ella, haciendo más fácil y dinámica la visita a la ciudad. En la guía que crearon dividieron la información en 6 filtros:

- Iglesias
- Museos
- Palacios
- Judería
- Obra Civil
- Eventos



Fig.34 y Fig.35. App de Geoturismo en Segovia Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C (eds.), Enero (2013), Desarrollo de un filtro de realidad aumentada para telefonía móvil sobre el patrimonio geológico de la provincia de Segovia. Cuadernos del Museo Geominero, nº 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2013. ISBN 978-84-7840-901-3. ©Instituto Geológico y Minero de España

5G Augmented Tourism (Barcelona)

Es el primer proyecto de realidad aumentada 5G en Barcelona desarrollado por las empresas Grupo Mediapro, Telefónica y Transportes Metropolitanos de Barcelona. Se ensaya en dos autobuses turísticos que se mueven por la montaña de Montjuic y en una pantalla interactiva que se encuentra en la parte frontal del autobús, los pasajeros visualizan los contenidos virtuales superpuestos al paisaje o los propios monumentos.

Esta experiencia de turismo diferente se ha potenciado gracias a los contenidos de realidad aumentada de la pantalla que proporcionan datos e información sobre los lugares que el autobús va recorriendo, 'desde el antiguo parque de atracciones y la zona olímpica a navegar entre las exposiciones de Caixa-Forum y las obras del Teatro Lliure o del Mercado de las Flores...y todo ello en movimiento'. (12) Las nuevas redes 5G permiten la descarga de los contenidos geolocalizados.

Gracias a este ensayo se muestra nuevos escenarios turísticos y a la vez de entretenimiento utilizando esta tecnología, como por ejemplo en este caso, en transportes públicos.



Fig.36 y Fig.37. 5G Augmented Tourism Digitalavmagazine, Marzo (2020)

(12) Digitalavmagazine, Marzo (2020), Mediapro, Telefónica y TMB: primer proyecto de realidad aumentada sobre 5G en un autobús turístico. Recuperado de: <https://www.digitalavmagazine.com/2020/03/05/mediapro-telefonica-y-tmb-primer-proyecto-realidad-aumentada-5g-autobus-turistico/>

Palacio Changdeokgung (Corea)

La realidad aumentada tiene más variantes de uso dentro del turismo como es este caso, en el que se introdujo un guía virtual en el palacio de Corea, un lugar representativo del patrimonio cultural. Esta propuesta proporciona al turista una experiencia realista con personajes animados en 3D que reproducen la vida pasada en los sitios donde se va encontrando el turista. A esta experiencia le acompaña una narración que está sincronizada con los personajes, que explica hechos históricos y que se reproduce a través de un altavoz. Todo ello lo va siguiendo el turista mediante su dispositivo móvil.

Fig.38. Palacio Changdeokgung
<https://cousteau.studio/blog/2020/10/28/the-rise-of-augmented-reality>



Fig.39. Palacio Changdeokgung
Fuente Google



(13) Se denomina diseño paramétrico a un proceso basado en un esquema algorítmico que permite expresar parámetros y reglas que definen, codifican y aclaran la relación entre los requerimientos del diseño y el diseño resultante.

MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN ASISTIDO POR LA REALIDAD AUMENTADA

Esta tecnología aplicada al sector de la construcción podría suponer una optimización del diseño de los edificios. Uno de los arquitectos pioneros en esta idea es Greg Lynn, que se le conoce por el uso que hace de la arquitectura, el diseño y la inteligencia tecnológica. Se cree que la construcción de la arquitectura podría dejar atrás los métodos convencionales de medición y representación bidimensional y en su lugar utilizar sus homólogos virtuales que capacitan la interacción en el entorno físico mediante la realidad aumentada. Como ejemplo de interés en este campo también está la constructora Gilbane que ha invertido en gafas de realidad aumentada para sacar rentabilidad a sus beneficios. Como la empresa comenta, prueba de ello fue que gracias a esta tecnología fueron capaces de detectar a tiempo un error en el cálculo de un material en un proyecto de Boston, error que hubiera necesitado dinero y más tiempo solucionarlo si no se hubiera aplicado la RA.

Otra aplicación sería la asistencia a la mano de obra en el proceso de construcción de diseños complejos, como la arquitectura paramétrica (13). A través de las gafas que lleve el albañil, se superpone una serie de instrucciones sobre el espacio de trabajo, guiándole en el proceso constructivo. Al mismo tiempo su objetivo es evitar errores y malinterpretaciones que suponen tiempo y gasto para la empresa o estudio.

Fig.40. Albañiles utilizando RA para la construcción de un muro de ladrillo

Fig.41. Imagen a través de las gafas RA

Fig.42. Imagen a través de las gafas RA

Edición propia. Franco, J. T., Diciembre (2018), Así se construye un muro de ladrillos utilizando realidad aumentada. Recuperado de: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/908593/asi-se-construye-un-muro-complejo-de-ladrillos-utilizando-realidad-virtual>



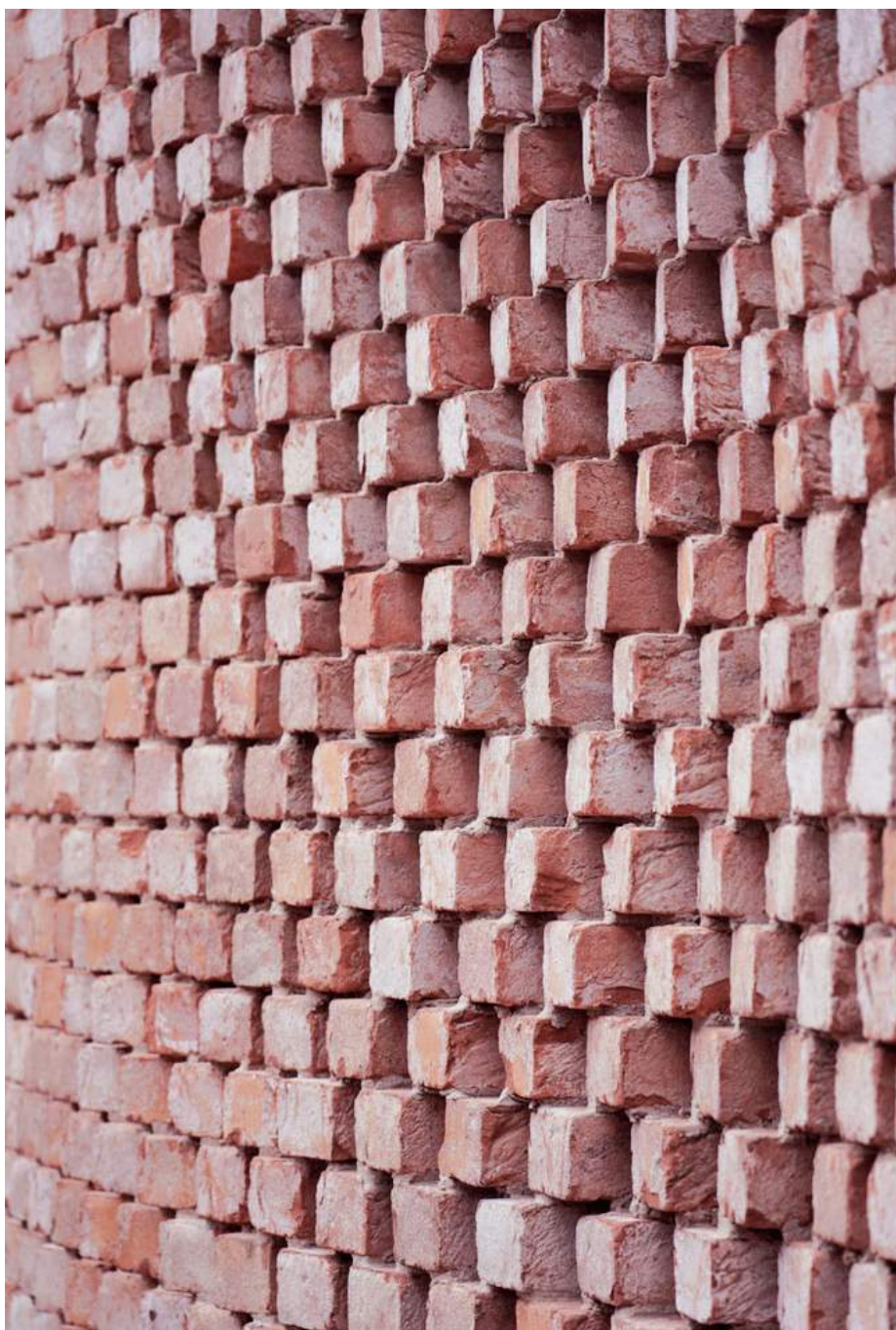


Fig.43. Muro de ladrillo, diseño paramétrico
Franco, J. T., Diciembre (2018)

(14) (Lehman,2010, citado por Mohammed-Amin, R. K. (2010)

(15)Data Flow: el flujo de datos es un concepto amplio, que tiene varios significados según la aplicación y el contexto. En el contexto de la arquitectura de software, el flujo de datos se relaciona con el procesamiento de flujo o la programación reactiva.

EN ESPACIOS URBANOS

En el planeamiento y diseño urbano, la realidad aumentada superpone capas de información al espacio arquitectónico periférico, generando un nuevo entorno. Se suele recurrir a ella para mejorar los espacios físicos insertando objetos virtuales y creando por lo tanto nuevos ambientes en tiempo real. En este sentido los arquitectos se preocupan por explorar más allá de los límites convencionales del espacio y de la estética que define un entorno o una arquitectura. A través de esta tecnología, se le puede añadir eventos o interacciones a una estructura estática.

“Las influencias clave de la RA en la arquitectura y su entorno construido incluyen revolucionar la interacción humana dentro de los espacios arquitectónicos, en el diseño y configuración espacial, caminado a través del tiempo y espacio y conectando con la información y el mundo virtual”. (14)

RA proyectada

Augmented Space y *555KUBIK* son dos instalaciones artísticas urbanas reproducidas por el artista Pablo Valbuena. Primero se desarrolló *Augmented Space* que consistía en reproducir sobre la fachada del ayuntamiento de la ciudad La Haya en Holanda, gráficos virtuales que interactuaban. Esta proyección cambiaba por completo la forma existencial y apariencia del edificio, haciéndola más dinámica usando RA como tecnología. Años más tarde reprodujo una proyección similar en fachada en Hamburgo (*555KUBIK*). Detrás de este proyecto se encontraba la idea de: *¿cómo sería si la casa fuera un sueño?*, la cual transformó el estilo sobrio de la fachada en una escultura dinámica basada en la estructura física del edificio. Con ello, hacía a la arquitectura más emocionante mediante la proyección y el sonido que acompañaba a la imagen.

Fig.44 y Fig.45- *555 KUBIK*, Proyección en fachada.

Mohammed-Amin, R. K. (2010). *Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites* (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>



RA para instalaciones artísticas en espacios arquitectónicos y urbanos

En las últimas décadas, los artistas han ido aumentando su registro de técnicas de representación, pasando de las más tradicionales a las más innovadoras como son los recursos digitales. En este mundo, la realidad aumentada ha servido para crear arte creativo e interactivo y para transformar espacios urbanos. “*Energy Passages*” es una instalación de arte que se desarrolla en un espacio público y que genera un espacio literario mediante el *Data Flow* (15). A través de una proyección, miles de palabras aparecen y se desplazan fluidamente, acompañadas de una voz en “off”. Por lo que la lectura se desprende de su contexto lineal y se escenifica como una lectura multimedia en el espacio urbano.



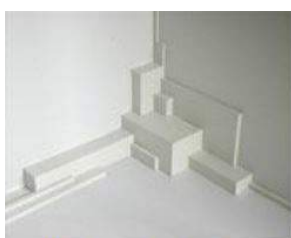
Fig.44 y Fig.45. Instalación de arte *Energy Passages*
 Mohammed-Amin, R. K. (2010). *Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites* (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>

La escultura aumentada es otro medio de arte elaborado por Pablo Valbuena en la que ha resultado ser muy llamativa para los observadores. Como dice Valbuena:

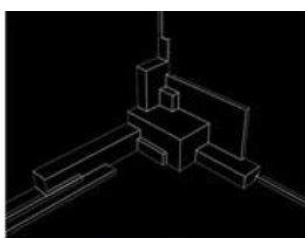
“Este proyecto se centra en la calidad temporal del espacio, investigando el espacio-tiempo no sólo como un entorno tridimensional, sino como un espacio en transformación.” (16)

El proyecto consiste en dos capas que el usuario ve al mismo tiempo, es decir, una capa física con los volúmenes en el espacio real que sirve como base para la capa virtual. Esta segunda capa digital transforma el espacio y controla la secuencialidad del tiempo.

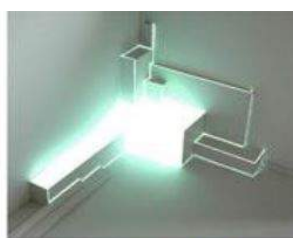
“La mezcla resultante de estas dos capas, da la impresión de una geometría física apta para ser transformada.” (16)



Physical geometry



Virtual layer



Augmented space

Fig.46. Escultura Aumentada, Pablo Valbuena
 Mohammed-Amin, R. K. (2010). *Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites* (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>

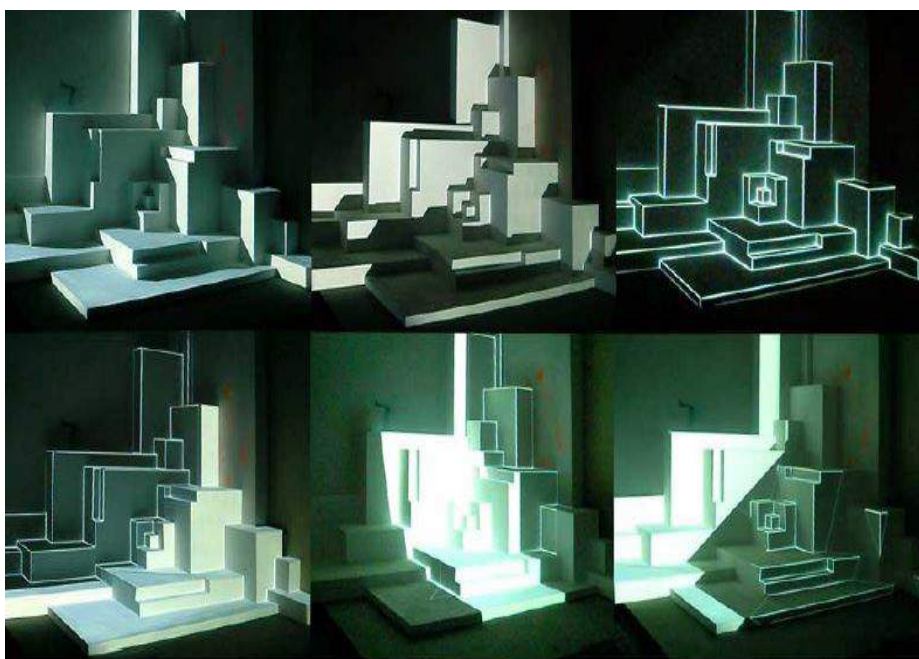
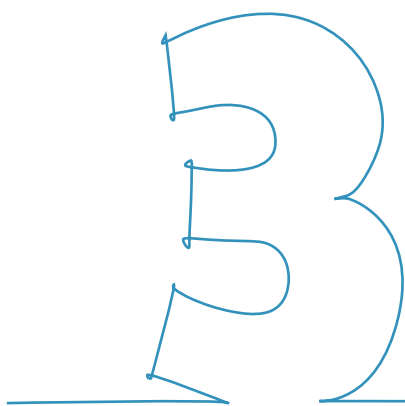


Fig.47. Escultura Aumentada, Pablo Valbuena
 Mohammed-Amin, R. K. (2010). *Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites* (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>

(3)Valbuena, P., (2010) citado por Mohammed-Amin, R. K. (2010). *Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites* (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>



LA REALIDAD VIRTUAL

(17) Craig, A.B., (2013), *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. USA: Elsevier Inc. ISBN: 978-0-240-82408-6

(18) Castillo Otegui J., Diciembre (2017), *La Realidad Virtual y la Realidad Aumentada en el proceso de Marketing*, TFG publicado en la Revista de Dirección y Administración de Empresas. Número 24, págs. 155-229

QUÉ ES LA REALIDAD VIRTUAL

A primera vista, las personas tienden a confundir la realidad aumentada y la realidad virtual pensando que son lo mismo. Muchos expertos han intentado dar una definición de lo que es o implica esta tecnología, un ejemplo serían Sherman y Craig, autores de: *“Understanding Virtual Reality”*, que la definen como:

“Un medio compuesto por simulaciones por computadora interactivas que detectan la posición del participante y reemplaza o aumenta la retroalimentación a uno o más sentidos, dando la sensación de estar inmerso o presente en la simulación.” (17)

Por lo tanto, podemos decir que es un entorno irreal que creado por la informática se ayuda de una serie de dispositivos tecnológicos de visualización, que hace que el usuario se sumerja en ese nuevo mundo irreal haciéndole pensar que el entorno existe. Es interactiva ya que el usuario puede moverse, reaccionar y crear cambios en el entorno ficticio, todo ello en tiempo real.

CARACTERÍSTICAS DE LA REALIDAD VIRTUAL

‘La Universidad de La Coruña, destaca 3 rasgos que según ellos forman el *“triángulo de la RV”*:

-Inmersión: El usuario percibe únicamente los estímulos del mundo virtual, de manera que pierde todo contacto con la realidad. El grado de inmersión dependerá del contacto que éste posea con el entorno real.

-Interacción: El usuario interacciona con el mundo virtual a través de diferentes dispositivos y recibe la respuesta en tiempo real a través de sus sentidos.

-Imaginación: A través del mundo virtual el usuario puede concebir y percibir realidades no existentes.’ (18)

RECONSTRUCCIONES VIRTUALES

Reconstrucción virtual de patrimonio: **La Catedral de Victoria-Gasteiz** 360°. Entre los siglos IX y XVII. (Trabajo realizado por 3DUBU; un equipo de trabajo de la Universidad de Burgos formado por docentes, investigadores y estudiantes de la Universidad de Burgos).

Empezando por el modelado 3D, este estudio realizó un video 360° de realidad virtual mediante un proceso en el que la optimización es un punto muy importante ya que se tratan planos muy longitudinales con variedad de escala de objeto y planos de profundidad.

El video renderizado 360° se puede visualizar tanto en pantalla como a través de una aplicación con dispositivos adaptados como son unas gafas de realidad virtual, de esta manera permite llegar más al público, ya que forman parte de la historia. En este caso la aplicación era para dispositivos Android, con la novedad de que no necesita de conexión a la red, es decir, permite un funcionamiento en lugares aislados o sin conexión wifi; las gafas eran unas *Oculus Go!*.

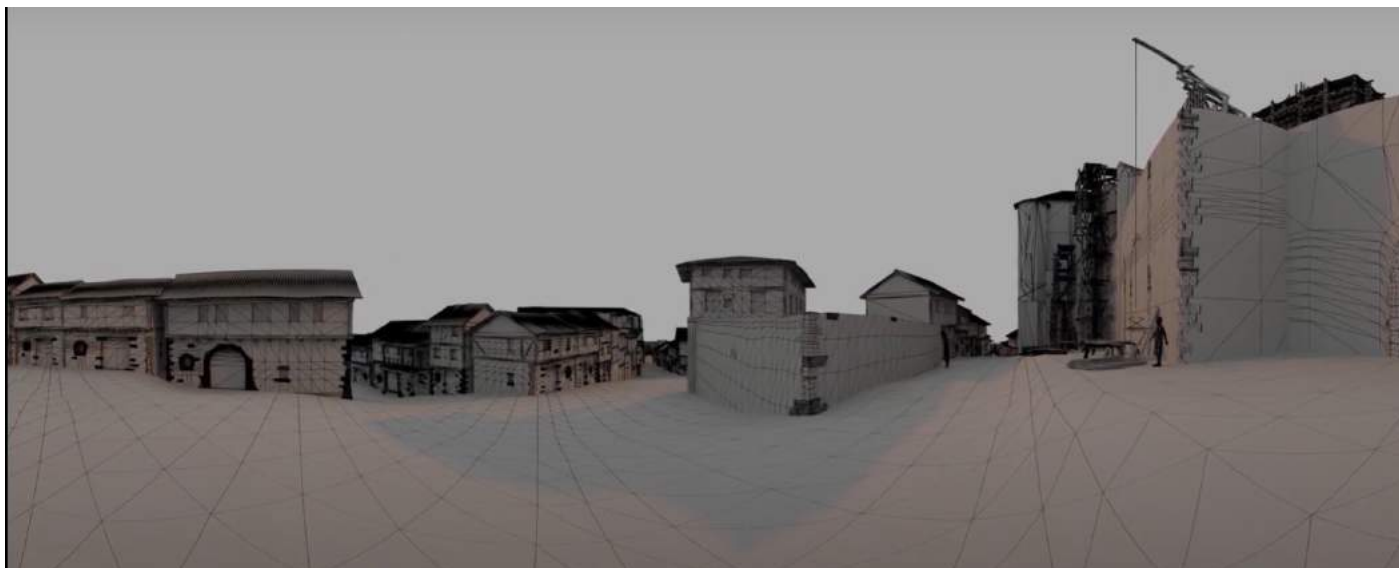


Fig.48 y Fig.49. Reconstrucción virtual de la Catedral de Victoria-Gasteiz
Capturas de video. <https://3dubu.es/catedral-vitoria-gasteiz/>

En un video explicativo del ‘making of’ del proyecto explican las intenciones y el proceso que se siguió:

En cuanto al objetivo era un recorrido virtual alrededor de la catedral, pero mostrando cada punto en otro espacio temporal, en este caso la Edad Media. Gracias a la realidad virtual no hace falta imaginar cómo era antes porque hace posible el poder verlo con las gafas que se tendrán que poner los visitantes en distintos puntos del recorrido. El guía turístico a través de una aplicación puede controlar qué es lo que están viendo los visitantes. De cara a los usuarios no necesitan ningún mando de control, sino que únicamente con las gafas van libres.

Con este proyecto pretenden tanto promocionar el turismo como divulgar la historia ya que como ellos comentan, es como una máquina del tiempo. También gracias a esta tecnología ayudan a aquellas personas que no están familiarizadas con la historia, a poder entenderla; como Bruno Rodríguez, miembro del equipo dice en una entrevista:

“Alguien que no esté familiarizado con la historia, no puede imaginarse cómo era una casa de aquella época porque no lo sabe si quiera”.

La reconstrucción virtual tuvo unas fases previas de recogida de información arqueológica e histórica que luego de cara al renderizado 3D ayudó al cuidado de detalles. Para darle más realismo a las escenas introdujeron personajes animados desempeñando las labores de aquella época con los sonidos reales de esas labores, para que el usuario se sienta totalmente sumergido y que aparte de que le parezca que todo aquello es real, se sienta identificado con los personajes.

Las desventajas que se encuentran son que debido a que el usuario va por libre con las gafas, no pueden estimar la duración de cada escena, ni controlar un tiempo de narración, ni guiar la atención del usuario ya que cada uno de los visitantes genera su propia experiencia y se centra en los intereses que le parezcan más atractivos de las reconstrucciones virtuales.

Fig.50. Reconstrucción virtual de la Catedral de Victoria-Gasteiz
Capturas de video. <https://3dubu.es/catedral-vitoria-gasteiz/>



Reconstrucción virtual de patrimonio: **Villa de Briviesca**, Burgos, en el siglo XIV. (Trabajo realizado por 3DUBU; un equipo de investigación de la Universidad de Burgos formado por docentes, investigadores y estudiantes).

‘El modelo se ha fundamentado en una elucubración histórica a partir de las fuentes de documentación disponibles y está realizado con el software *Blender 3D* y en su creación participaron cinco de los miembros. El modelo final tiene alrededor de 4 millones de polígonos y es la base para un documental audiovisual sobre la historia de Briviesca.’ (19)

Documentación

Se hizo un riguroso análisis basándose en artículos de investigación, fotografías, textos históricos e incluso se observaron poblaciones para hacer una comparativa y de esta forma recopilar toda la información posible.

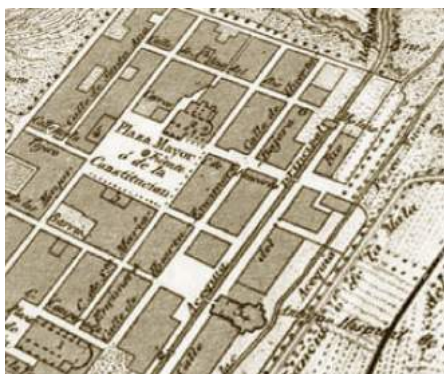


Fig.51 y Fig.52. Documentación Universidad de Burgos (2015). Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV. Burgos: Autor. Recuperado en: <https://3dubu.es/briviesca/>

Investigación elucubrativa

Lena Saladina Iglesias, Catedrática de Historia del Arte de la Universidad de Burgos fue la encargada de revisar e interpretar todo el material recopilado, para así poder especular sobre los vacíos de información y llevar a cabo la interpretación sobre cómo era el municipio de Briviesca en el siglo XIV. Para ello se elaboró un plano de localización con las ubicaciones exactas de lo que se tenía conocimiento y una propuesta de cómo se había interpretado el resto del espacio de la Villa del que no se tenían datos.



Fig.53. Lena Saladina Iglesias. Catedrática de Historia del Arte de la Universidad de Burgos Fuente Google



Fig.54. Investigación elucubrativa Universidad de Burgos (2015). Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV.

(19) Universidad de Burgos (2015). *Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV*. Burgos: Autor. Recuperado en: <https://3dubu.es/briviesca/>

Modelado 3D

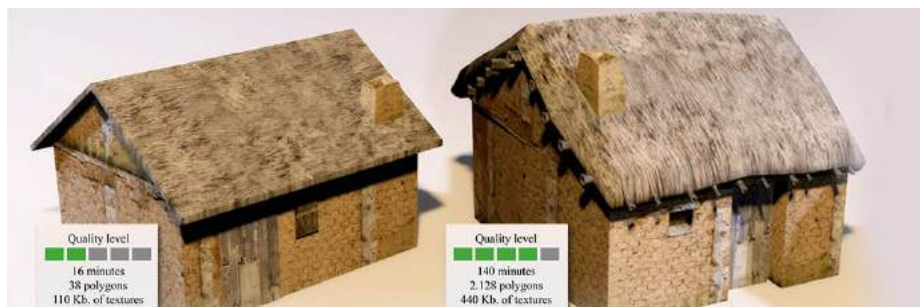
‘La fase de modelado 3D partía de la gran complejidad de un modelo tan grande. Se planteó la ejecución desde la optimización de recursos, intentando adaptar los objetivos a los recursos disponibles: humanos, temporales y técnicos.’ (19)

Fig.55, Fig.56 y Fig.57. Modelado 3D Universidad de Burgos (2015). *Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV*.



‘Para optimizar tiempos de modelado se realizó un cálculo de tiempos de trabajo y consumo de recursos en renderizado con diferentes niveles de detalle para extrapolarlos hasta el conjunto completo del modelo final. Se decidió apostar por un modelado de polígonos que se acabó mejorando al incluir el modelo en visualización para realidad virtual.’ (19)

Fig.58. Modelado 3D Universidad de Burgos (2015). *Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV*.



Seguidamente, realizaron varios modelos de viviendas muy diferentes entre ellas variando su estructura. En total realizaron 200 modelos virtuales.

Fig.59. Modelado 3D Universidad de Burgos (2015). *Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV*.



Fase de Realidad Virtual

En 2016 se incluyó esta tecnología al proyecto, mediante un paseo interactivo realizado con el motor *Unreal Engine* que permitía recorrer una gran parte del recinto. Para abstraerse completamente se utilizaron unas gafas de visionado *Oculus Rift*.



Fig.6o. Gafas Oculus Rift
Universidad de Burgos (2015). Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV.

(20)La **qubba** es un término árabe que designa una estructura arquitectónica con base cuadrada y cúpula o techo de madera no plano, que puede tomar, entre otras, forma semiesférica, tronco de pirámide, bóveda esquifada o de paños.

La Capilla de Belén del Convento Santa Fe (Toledo)

Se lleva a cabo una reconstrucción virtual de la capilla debido a su estado deteriorado. Se debe a una sala en cuyo interior se encuentra una bóveda islámica de nervios entrecruzados acompañados de pinturas del s.XVI. Debido a los cambios que ha experimentado la estructura, era complicado asegurar el aspecto original pero finalmente optaron por la representación de la qubba (20) islámica como un oratorio. El proceso que se siguió fue:

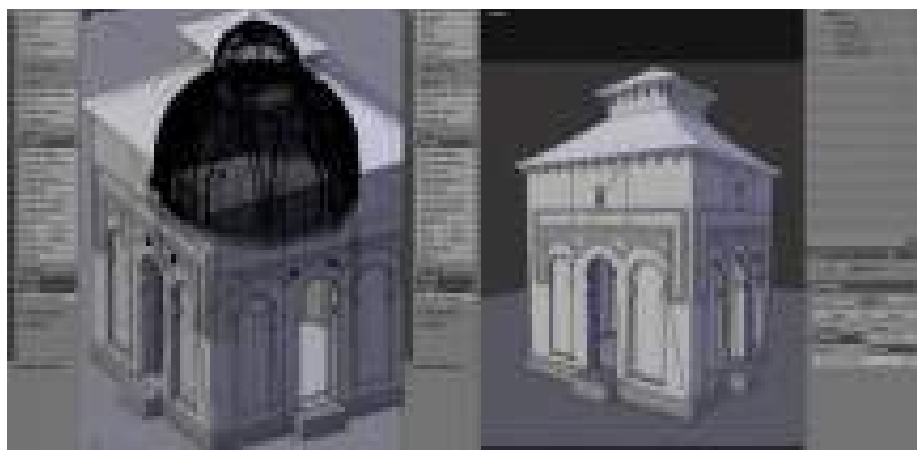
Plantear las hipótesis de cómo era su aspecto original

Fig.61. Hipótesis de la capilla
Aparicio Resco, P., Abril (2019), El conjunto monumental de Santa Fe de Toledo (III): La capilla de Belén. Recuperado en: <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2019/04/10/el-conjunto-monumental-de-santa-fe-de-toledo-iii-la-capilla-de-belen/>



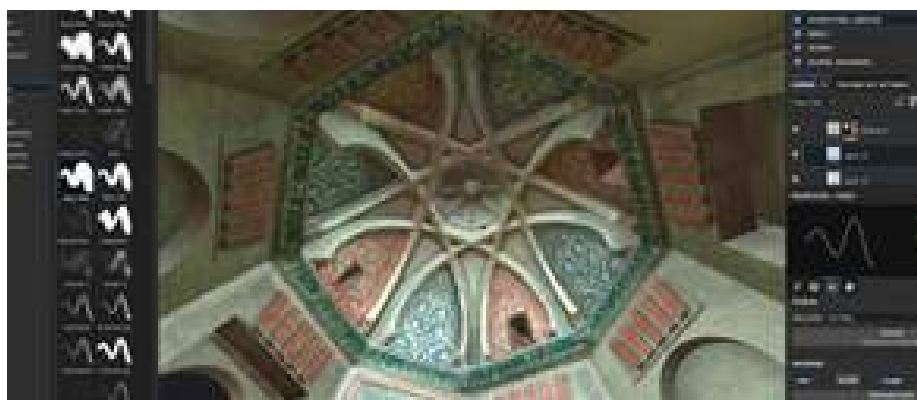
El modelado 3D

Fig.62. Modelado 3d de la hipótesis
Aparicio Resco, P., Abril (2019)



Elección de materiales para un mayor realismo

Fig.63. Perfeccionamiento del modelado 3D
Aparicio Resco, P., Abril (2019)



Resultado final



Fig.64. Resultado final
Aparicio Resco, P., Abril (2019)

Una vez se tenga el modelo virtual terminado solo quedaría implantar la realidad virtual para que el usuario pueda adentrarse en el lugar.

Para hacer comparación con la realidad y que se entienda la diferencia y el valor de recuperación del patrimonio, se disponen dos imágenes de la realidad física a la izquierda y la realidad virtual a la derecha.

Fig.65. Estado actual de la capilla
Fuente Google
Fig.66. Reconstrucción de la capilla
Aparicio Resco, P., Abril (2019)



Fig.67. Estado actual de la capilla
Fuente Google
Fig.68. Reconstrucción de la capilla
Aparicio Resco, P., Abril (2019)



LA REALIDAD AUMENTADA Y LA REALIDAD VIRTUAL COMO RECURSO MUSEOGRÁFICO

Empezando por la realidad aumentada, es un recurso que se está usando cada vez con mayor frecuencia en espacios como museos ya que es una manera muy fácil de aportar más información sobre las piezas a los visitantes y de dar vida a las escenas u objetos de tal manera que el espectador entienda mejor la explicación de cada pieza. Aporta novedad a las obras ya existentes y llama a un público muy amplio para que se acerque y entre en contacto con el arte, la arquitectura, la ciencia...

A continuación, se muestran algunos ejemplos de centros de interpretación o museos que han llevado a cabo exposiciones con realidad aumentada.

Según la REVISTA ICONO 14, 2011, la RA ha demostrado su función pedagógica en otro tipo de escenarios como son los museos y centros de interpretación. Gracias a que permite la interacción entre el visitante y el objeto cultural, ha alcanzado a ser uno de los recursos museográficos más vanguardistas. El visitante deja de ser un observador y pasa a la interacción, lo que implica un llamamiento para acudir a probar esta nueva experiencia.

En España durante el 2010 se implantaron en diversos espacios museísticos la realidad aumentada, algunos ejemplos que cuentan con este tipo de recursos son el Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava (Alcaudete, Jaén) o el Centro de Interpretación de la Tecnología (Zamudio, Bizkaia).

Centro de Interpretación de la Orden Militar de Calatrava (Jaén)

Esta tecnología llega en forma de maqueta virtual con la que se va explicando el proceso constructivo que tuvo la fortaleza del castillo. Para ello, se dispuso de una pantalla con una cámara web incorporada y unas tablas circulares que tenían un código impreso que funciona como un código QR que se escanea. La cámara capta ese código impreso y al estar programada para entenderlo, lo transforma en una imagen de vídeo en la que también aparecen puntos de información flotantes acerca de las partes que lo componen. Así, desde la construcción del alcázar islámico primigenio se puede apreciar la evolución a través de la fortaleza calatrava y finalmente la transformación en residencia palacial renacentista de los Fernández de Córdoba.



Fig.69. Marcador de RA
Fig.70. Proyección imagen
Ruiz Torres, D., (2011), Realidad Aumentada, educación y museos. Revista Icono 14, Año 9, Volumen 2, pp.212-226. ISSN 1697-8293. Madrid. Recibido: 01.02.2011 y Aceptado: 25.04.2011.

El Museo de la Autonomía de Andalucía (Sevilla)

Con una aplicación similar y siguiendo el mismo proceso que el anterior ejemplo, se muestran en maquetas virtuales tridimensionales: el Parlamento Andaluz, el Consejo de Gobierno, ambos en Sevilla, y el Tribunal Superior de Justicia de Andalucía en Granada. En este caso los puntos de información flotantes aportan datos sobre la institución andaluza que representa y sus funciones gubernamentales, además de la historia del edificio donde se ubican. Con ello, el objetivo es divulgar una explicación de los órganos del gobierno como también su funcionalidad de manera más sencilla y directa para que el visitante lo pueda entender mejor y de manera más efectiva.

Fig.71. Marcador RA

Fig.72. Joven acercando el marcador a la pantalla

Fig.73. Proyección de la imagen

Ruiz Torres, D., (2011), Realidad Aumentada, educación y museos. Revista Icono 14, Año 9, Volumen 2, pp.212-226. ISSN 1697-8293. Madrid. Recibido: 01.02.2011 y Aceptado: 25.04.2011



Por otro lado, en museos fuera de España se ha investigado los siguientes:

Museo Nacional de Singapur

Actualmente presenta una instalación inmersiva llamada *Story of the Forest*, creada por el colectivo de arte digital japonés TeamLab en la que mediante la RA transforma 69 imágenes de la Colección de dibujos de la Historia Natural de William Farquhar en animaciones 3D con las que se puede interactuar. Como el museo explica, la obra de arte toca varias historias: la del sitio en el que se presenta y las características de las musas que muestra. Y lo hace a través de un paisaje virtual y muy visual llevado a cabo por unas pantallas muy longitudinales continuas y unos proyectores.

La colección de dibujos de William Farquhar se encuentra en el segundo nivel de la Rotonda original que alberga el Goh Seng Choo Gallery, siendo una de las posesiones más preciadas del museo.

Gracias a la realidad aumentada *Story of the Forest* muestra e invita a interactuar al visitante con la vida salvaje animada de la península malaya del siglo XIX, tanto con pantallas interactivas como con la opción de poder descargarse la aplicación móvil *Story of the Forest* la cual permite “atrapar” y explorar más sobre las diversas especies de flora y fauna de las pinturas. Luego, pueden añadirlos a su propia colección virtual mientras pasean por el museo. La aplicación muestra más información sobre ellos una vez que se han recopilado, y los usuarios pueden conocer datos como el hábitat, la dieta y la rareza de las especies.

Fig.74. William Farquhar. Autor.

Fig.75 y Fig.76. Story of the Forest

Captura de video. <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>

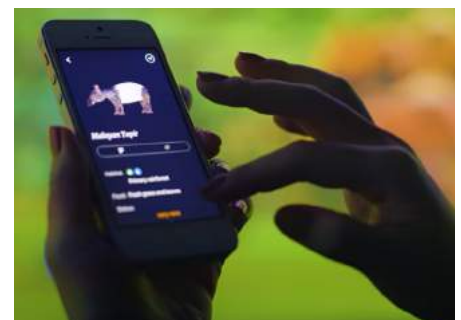
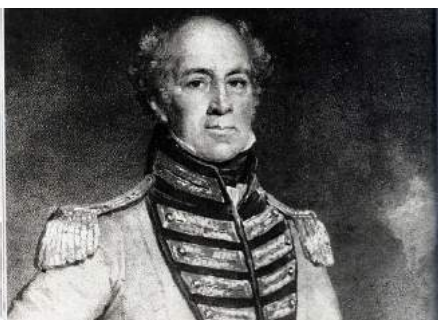




Fig.77. Story of the Forest
Captura de video. <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>

Galería de Arte de Ontario (Toronto)

A manos del artista digital Alex Mayhew, en 2017 se crea una instalación de RA bajo el nombre de *ReBlink*. Mediante teléfonos móviles y tablets los visitantes eran testigos de la vida que cobraban pinturas como la de los 3 personajes que aparecen en el cuadro de *Drawing Lots* de George Agnew Reid, en el que la pintura inicial son 3 niños sentados juntos observando algún juego que el niño central sostiene entre las manos. Sin embargo, en la versión moderna, aparecen los 3 dispersados y absorbidos por las pantallas de sus móviles. También cambia la escena, que de ser un paisaje pacífico pasa a ser un paisaje más urbano con tráfico, polución... en resumen un paisaje de ciudad que podemos encontrar actualmente en el que el artista hace una crítica a la invasión de la tecnología en la vida moderna.

La realidad aumentada se ha usado en este proyecto para captar la atención del visitante y como objetivo, toda la exposición estaba dispuesta para que a través de la aplicación se mirara hacia arriba en vez de para abajo. Finalmente, la Planificadora Interpretativa de la AGO, Shiralee Hudson Hill llevó a cabo una encuesta en la que los resultados fueron un 84% de los visitantes aseguraron sentirse comprometidos e involucrados con el arte, frente a un 39% que tuvo que volver a mirar las imágenes después de usar la aplicación.



Fig.78. Alex Mayhew. artista digital.
Fig.79 y Fig.80. Cuadro Drawing Lots
Captura de video. <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>

Otro ejemplo de la RA en la exposición ReBlink:



Evisceración de un corzo con un retrato de una pareja casada de Frans Snyder

Fig.81, Fig.82 y Fig.83. Captura de video. <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>



Marchesa Casati de Augustus Edwin John

Fig.84. Fuente Google
Fig.85. Captura de video. <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>

La Institución Smithsonian, (Washington DC)

En 2017, Smithsonian dedica la sala Bone Hall del museo a la aplicación de la tecnología RA para dar vida a los esqueletos que se exhiben desde 1881. Mediante la aplicación *Skin and Bone*, se superpone la especie del esqueleto, para así tener una visión más completa, obtener más información e incluso relacionarse con la criatura. Como bien afirma el productor de la aplicación y director del programa nacional de divulgación en el Museo de Historia Nacional, “Esta aplicación se trata de compartir algunas de las historias no contadas detrás de una de las colecciones más emblemáticas del museo”. Pueden ser partícipes tanto del vuelo de un Murciélago vampiro como de una Anhinga demostrando como habría pescado.

Fig.86 y Fig.87. Skin and Bone
Captura de video.<https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>



El Centro Espacial Kennedy, (Merritt Island)

La RA sirve para ayudar a comprender los acontecimientos históricos haciéndolos aparecer en 3D. Siguiendo la temática del centro, la exhibición *Heroes and Legends* muestra un momento clave en la historia del programa espacial de Estados Unidos. Gene Cernan, astronauta estadounidense realiza en junio de 1966 la segunda caminata espacial de la historia.

Con una pantalla se muestra la cápsula espacial donde viajaba (Gemini 9) y con RA se proyecta al astronauta sobre ella haciendo al visitante participe de la experiencia en la que el astronauta sufría un contratiempo. Se muestra intentando retornar al interior de la cápsula, mientras a su vez la propia voz de Cernan se proyecta siendo él mismo el narrador de su propia historia. Se utilizan hologramas AR en todo momento de la exposición y con ello el espectador se encuentra en un plano más cercano al protagonista el cual no solo se muestra en tridimensional, sino que también es capaz de narrar historias ocurridas en la NASA desde su propio punto de vista.

Fig.88. Astronauta Gene Cernan
Fuente Google
Fig.89. Exhibición Heroes and Legends
<https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>



Museo de Arte Pérez (Miami)

Diciembre del 2017, el museo y la artista y arquitecta Felice Grodin se embaucaron en la primera exposición de arte llevada a cabo por RA llamada *Especies invasoras*, en el que el proyecto tiene la peculiaridad de ser diferente a los anteriores casos, si bien en los otros ejemplos la RA se superponía a las obras existentes, en el trabajo de Grodin era completamente digital, proyectando imágenes en un espacio vacío, utilizando la realidad aumentada como un nuevo medio entre el arte y la arquitectura. Diseñó particulares modelos 3D que evocan a otros parecidos como bichos, signos crípticos y les dió vida con la ayuda de la aplicación ARKit de realidad aumentada de Apple y Cuseum.

En una entrevista que publica el museo, la arquitecta y artista afirma que le parecía interesante la interacción con la arquitectura del edificio, el poder transformarlo. También explica que analiza la relación entre los territorios físicos y mentales y que explora lo mutable dentro del paisaje, la arquitectura y nuestro entorno urbano. Se añade también en la entrevista, que la artista destaca el estado revolucionario e inestable de nuestro hábitat, reflexionando sobre un futuro no muy lejano afectado por el cambio climático y superado por extraños seres.

La crítica del proyecto es sobre la fragilidad de nuestro ecosistema y la amenaza del cambio climático, en la que se da una visión a futuro del edificio sometido por especies invasoras. Un ejemplo de sus obras es *Terrafish* con la que yuxtapone los jardines colgantes de la entrada del edificio con una estructura digital similar a los tentáculos de una medusa que emerge hacia arriba. Es un recuerdo de la especie no nativa que está presente en las aguas de alrededor de Miami.

En un artículo redactado por Zach Mortice, periodista de arquitectura se recogen unas declaraciones de Jennifer Inacio, curadora de la exhibición que comenta acerca de *Terrafish*:

“Es casi como si estuvieran tratando de llegar a los jardines colgantes en busca de una fuente de alimento o convertirse en parte de la arquitectura”.

El fin de la exposición era imaginar una situación futura inventada que pudiera ocurrir y que surgiera debate entre los espectadores para que se generara un diálogo sobre la obra. Jennifer añade:

“Las obras asombrosas que creó el artista están destinadas a atraer a los espectadores a una discusión seria sobre el cambio climático, pero de una manera atractiva e interactiva”.



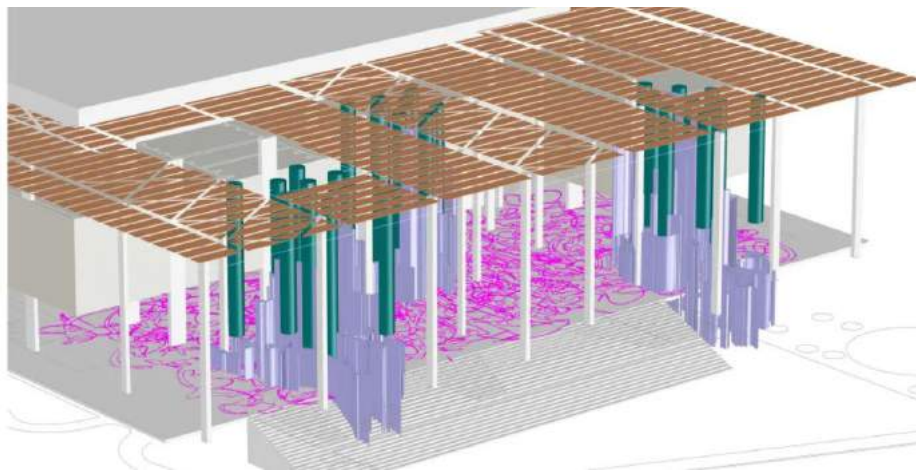
Fig.90. Felice Grodin. Autora.

Fuente Google

Fig.91. Terrafish

Fuente Google

Fig.92. Terrafish
<https://pammportraits.org/2017/12/04/felice-grodin-connects-invasive-species-art-exhibition-to-climate-change/>
Fig.93. Estado actual Museo de Arte Pérez
Fuente Google



En otra obra, *Reportaje desde el campo*, se muestran letreros con unos símbolos que parecen estar encriptados que se encuentran en los terrenos de entrada al museo.

Otro ejemplo en el que la RA interviene, pasando los dibujos 2D de Felice a una especie de extrusión y estratificación es el caso de *Mezzbug*, la segunda instalación de Felice Grodin ubicada en el entresuelo del museo. Se trata de una criatura con un color degradado que tiene movimiento en sus extremidades cuando las tocas a través de la pantalla del móvil o tablet.

Fig.94. Mezzbug
Pérez Art Museum Miami, 2017-on-going. Felice Grodin: Invasive Species. Recuperado de: <https://www.pamm.org/ar>





Fig.95. *Reportaje desde el campo*
Pérez Art Museum Miami, 2017-on-
going. Felice Grodin: *Invasive Species*. Re-
cuperado de: <https://www.pamm.org/ar>

A continuación, museos que han utilizado realidad virtual:

Instituto Franklin (Filadelfia)

A través del blog EVE Museos e Innovación se recopila que en 2016 lanzaron en el Instituto, una experiencia de realidad virtual en la que los visitantes tenían la posibilidad de viajar a las profundidades del océano o adentrarse en el espacio exterior o incluso caminar dentro del cuerpo humano. Son experiencias en las que el usuario se sumerge completamente en un mundo virtual interactivo. En cuanto a dispositivos, el museo utiliza los auriculares HTC Vive y unas gafas Oculus Rift para llevarte al espacio en una exhibición que ellos llaman “Holodeck”. Pero también había una parte de experiencia virtual móvil que adquiere forma de video 360° en el fondo del océano. En el artículo se destaca que no fue coincidencia el hecho de que la exposición se realizara en ese año, sino que fue debido al auge que supuso esta tecnología junto con la realidad aumentada, y que por ello al ser una novedad que fue mediática se decía que el 2016 era <El año de la realidad virtual>.

Fig.96. Sala de realidad virtual
<https://vrscout.com/news/franklin-institute-transforms-museum-experience-vr/>
Fig.97. gafas Oculus Rift
Fuente Google
Fig.98. auriculares HTC Vive
Fuente Google



Tate Modern (Londres)

También adopta la tendencia de lo virtual y recrea en 3D el estudio del artista Modigliani en París. Para ello se fue al propio estudio y tras una investigación se consiguió reproducir el aspecto que tenía hace 100 años.

Hilary Knight, directora de contenido digital del museo, considera que la realidad virtual es una herramienta muy valiosa, citando:

“Es una forma de transmitir sentimientos, ayudar a las personas a sentir una conexión con un artista. Es una forma diferente de absorber esa información y convierte al artista en una persona viva”. (21)

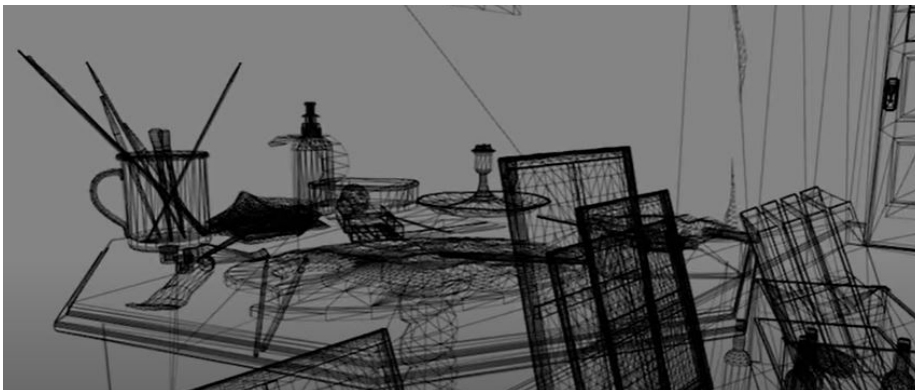
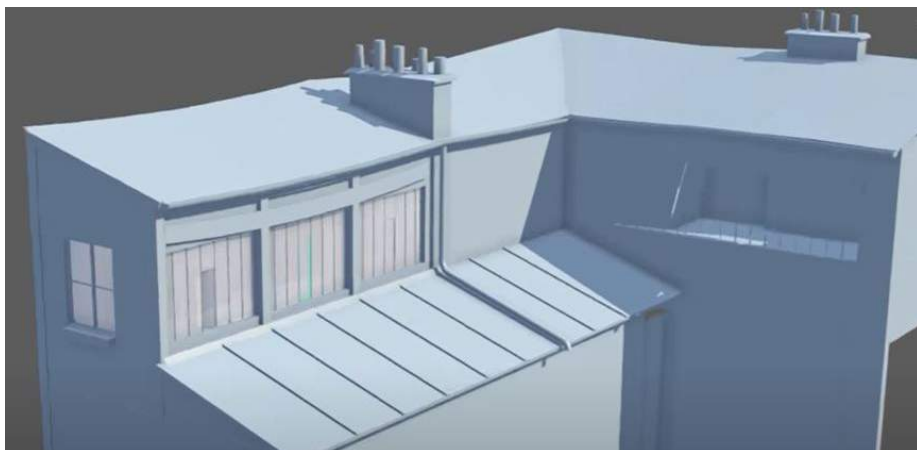


Fig.99. Modigliani. Artista
Fig.100 y Fig.101. Habitación del artista
Captura de video. Uso de la Realidad Virtual en Museos: Mejores ejemplos. Noviembre (2019). Recuperado de: <https://evemuseografia.com/2019/11/14/uso-de-la-realidad-virtual-en-museos-mejores-ejemplos/>

(21) *Uso de la Realidad Virtual en Museos: Mejores ejemplos.* Noviembre (2019). Recuperado de: <https://evemuseografia.com/2019/11/14/uso-de-la-realidad-virtual-en-museos-mejores-ejemplos/>

Fig.102 y Fig.103. Recreación del estudio del artista

Captura de video. Uso de la Realidad Virtual en Museos: Mejores ejemplos. Noviembre (2019). Recuperado de: <https://evemuseografia.com/2019/11/14/uso-de-la-realidad-virtual-en-museos-mejores-ejemplos/>



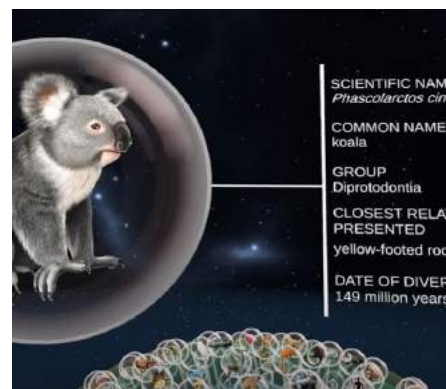
Museo Nacional de la Historia Natural (París)

Abrió su primera exposición permanente con RV en el 2018 con una temática sobre la evolución de las especies. Los visitantes se colocan el visor y los auriculares y se sumergen completamente en un mundo de criaturas que pueden observar de cerca y a escala. Como se muestra en el tráiler explicativo “*Journey into the heart of Evolution*”, se ofrecían la oportunidad tanto de viajar en el tiempo al origen de la vida como la aparición de un menú con distintas opciones, explorar la biodiversidad, entrar en contacto con las especies, ver qué relación hay unas con otras...

El objetivo era hacer la información más asequible y cercana al espectador para poder tener una exposición RV permanente a futuro.

Fig.104 y Fig.105. “*Journey into the heart of Evolution*”

Captura de video. Uso de la Realidad Virtual en Museos: Mejores ejemplos. Noviembre (2019). Recuperado de: <https://evemuseografia.com/2019/11/14/uso-de-la-realidad-virtual-en-museos-mejores-ejemplos/>



MUSEO VIRTUAL

Museo Kremer (Sin Ubicación)

El arquitecto diseñador del museo fue Johan van Lierop, fundador de Architales y director de Studio Libeskind, por otro lado, el fundador del museo fue George Kremer, quien ha ido un paso más allá que el resto ya que no es un museo físico, sino que todo es completamente virtual.

Muestra las obras de más de 70 artistas holandeses y flamencos del siglo XVII, con la peculiaridad de que no existe ninguna colección física como tal y por lo tanto el único modo de acceder a ella es exclusivamente a través de la tecnología de realidad virtual (RV). EVE afirma que este tipo de proyectos contribuyen a que la experiencia moderna del museo sea más accesible. En el caso de las personas con problemas de movilidad, pueden seguir disfrutando de la experiencia desde sus casas.

Como el museo publica en su página web, para llevar este proyecto a cabo 'cada pintura fue fotografiada entre 2.500 y 3.500 veces utilizando la técnica de 'fotogrametría' para construir un modelo visual de ultra alta resolución para cada pintura, permitiendo a los visitantes del museo disfrutar de una experiencia profundamente inmersiva con las pinturas. Con la tecnología de realidad virtual, los visitantes podrán examinar la superficie y los colores de las obras de arte de cerca, así como ver el reverso de las pinturas para explorar los sellos de procedencia únicos de cada obra.

“Nuestro viaje como coleccionistas siempre ha consistido en encontrar obras de arte de la más alta calidad y, al mismo tiempo, encontrar formas de compartirlas con tantas personas como sea posible. Mi esposa Ilone y yo creemos que podemos hacer una mayor contribución al mundo del arte invirtiendo en tecnología en lugar de ladrillos y cemento para nuestra colección “. George Kremer, fundador de la colección Kremer.

Al diseñar el museo, el arquitecto Johan van Lierop señala:

“Diseñar un museo sin gravedad, plomería o regulaciones de código es un sueño para todo arquitecto. Creo que la RV es para el siglo 21 lo que el realismo holandés era para la edad de oro, permitiendo al observador de escapar a una realidad alternativa o forma de pensar. La arquitectura a menudo usa la realidad virtual para mejorar la representación de un proyecto antes de que se construya, a menudo con fines de venta de los inmuebles, pero usar la realidad virtual para adoptar la arquitectura como una experiencia espacial en sí misma fue algo muy exclusivo para mí. La realidad virtual abre un ámbito completamente nuevo para la práctica arquitectónica, donde las ideas y los conceptos ya no están atados a los límites de las imágenes pasivas, sino que pueden ser una experiencia completamente inmersiva”.

Este museo virtual, que presenta pinturas meticulosamente recreadas y un espacio excepcional cuyo diseño alude al vigor científico y artístico de la Edad de Oro, es un paso adelante para hacer realmente posible que el público experimente obras maestras en un entorno de museo, independientemente de su origen y ubicación.



Fig.106. Johan van Lierop. Arquitecto.
Fuente Google



Fig.107. George Kremer. Fundador.
Fuente Google

(22) *El Museo Kremer*. Recuperado de: <https://www.thekremercollection.com/the-kremer-museum/>

Fig.108, Fig.109 y Fig.110. Museo Kremer.
El Museo Kremer. Recuperado de: <https://www.thekremercollection.com/the-kremer-museum/>

George Kremer continúa: “*El Museo Kremer es un resultado combinado de lo que apreciamos como coleccionistas y amantes del arte, como una iluminación perfecta, la posibilidad de mirar la parte posterior de las pinturas y un espacio perfectamente diseñado por un arquitecto de clase mundial. y el arduo trabajo y la visión de un equipo increíblemente comprometido de productores y desarrolladores altamente talentosos e innovadores para hacer que esto cobre vida. El producto final que Joël Kremer y su equipo han innovado supera todos los límites: la resolución de las imágenes es de una calidad superior a la que el ojo humano puede procesar, el museo está listo para escalar a las mejoras realizadas en la resolución del hardware en el futuro cercano y, por lo tanto, la experiencia será cada vez mejor*.” (22)

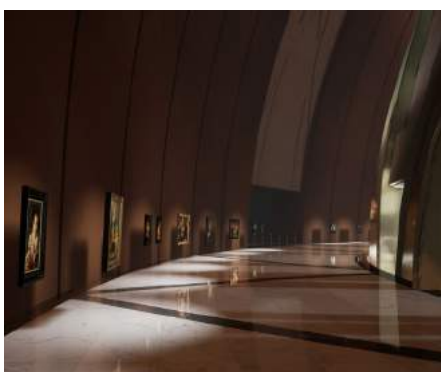
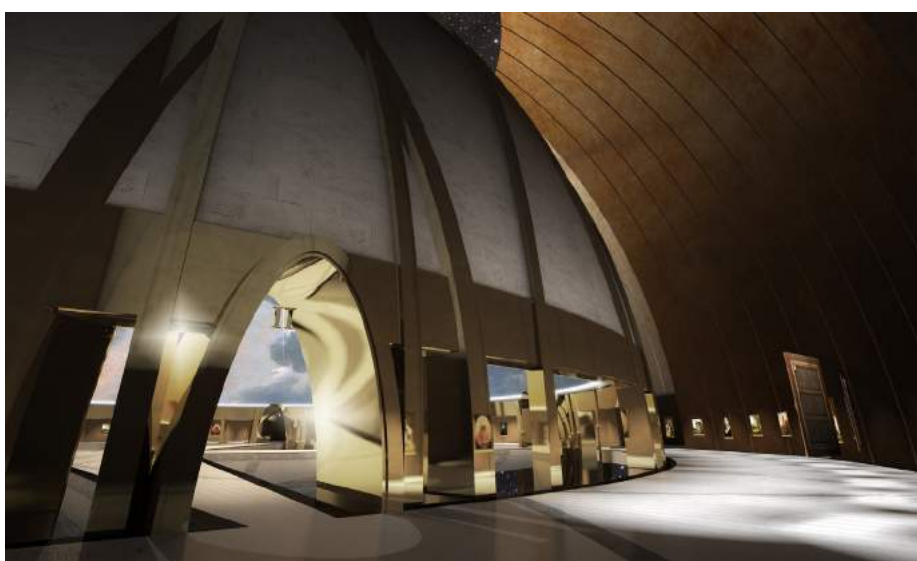




Fig.111. Museo Kremer.
El Museo Kremer. Recuperado de: <https://www.thekremercollection.com/the-kremer-museum/>

QUÉ ES EL ARTE DIGITAL

Según su definición, el arte digital es una disciplina innovadora de las artes plásticas que surgió a través de la aplicación de esquemas vectoriales en soportes digitales. Se crea mediante tecnología informática, es decir, en lugar de usar pinceles se usan píxeles. Se emplean códigos matemáticos que se utilizan para crear mundos alternativos que tienen múltiples formas de realidad y se expresan mediante técnicas de programación, derivadas de la física ambiental y el comportamiento de los objetos en ese entorno.

Una de las técnicas del arte digital es el modelado en 3d; el cual es una técnica tridimensional que mediante ordenadores con programas de diseño se hace posible la escultura digital, en la que se utiliza un software en 3d para representar sus obras en un espacio virtual.



Fig.112. Chad Knight. Artista Digital.
Fuente Google

ESCULTURAS VIRTUALES DE CHAD KNIGHT

Chad Knight es un artista visual estadounidense, que al principio su profesión fue skater profesional durante 18 años y que actualmente, sigue en contacto con el mundo del deporte ya que trabaja como diseñador 3d para Nike, y anteriormente para marcas como Vans o DC Shoes. Sin embargo, su pasión por las realidades virtuales empezó desde niño con los videojuegos y esto le llevó a esculpir sus obras, analizando cada detalle de anatomía, composición, textura e iluminación tras finalizar su carrera como skater profesional en 2011. En su faceta artística, empezó a crear esculturas virtuales generando una relación entre lo real y lo irreal. En todos sus proyectos mezcla la realidad con la producción digital consiguiendo un gran reconocimiento mundial con sus esculturas virtuales. Llega a un grado de hiperrealismo con una visión onírica y futurista que lleva al observador a la duda de si de verdad existen o no, como él mismo afirma.

“Intento capturar el sentimiento que aparece cuando una persona se da cuenta de que es capaz de algo que antes había considerado imposible” (23)

Para crear estos mundos, utiliza programas de diseño 3d como Rhinoceros, Cinema 4d o Photoshop... entre otras. Visualiza el mundo surrealista con una estética tan elaborada y delicada que tiene un impacto inmediato en todos aquellos que visualizan sus obras. Suelen ser esculturas virtuales que se posan sobre fondos de paisajes naturales que son serenos y relajantes como por ejemplo bosques, desiertos, lagos... y con un cierto simbolismo, que como el propio artista ha declarado:

“Crear arte es de las pocas cosas que me permite estar totalmente presente, mis exploraciones en 3d se han convertido en mi nueva salida. Todo en mi trabajo representa algo a alguien. Mi arte es muy parecido a un diario encriptado que puedo compartir públicamente” (24)

(23) García Antolín A., Abril (2019). Recuperado de: <https://www.elledecor.com/es/arte/a27250857/chad-knight-instagram-esculturas/>

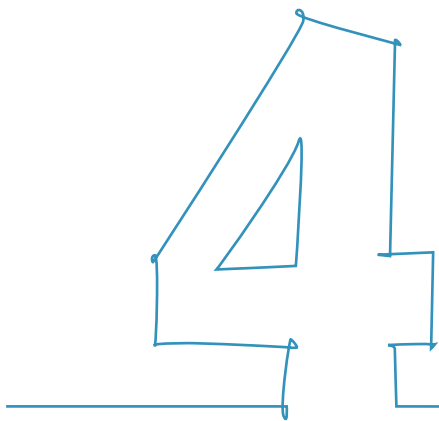
(24) *Las colosales esculturas digitales de Chad Knight*, Octubre (2018). Recuperado de: <https://www.domestika.org/es/blog/1564-las-colosales-esculturas-digitales-de-chad-knight>



Fig.113 y Fig.114. Esculturas digitales.
<https://www.trendencias.com/arte/espectaculares-esculturas-virtuales-chad-knight-que-crean-vinculo-magico-real-irreal>



Fig.115. Escultura digital.
<https://www.despiertaymira.com/index.php/2018/03/chad-knight-triunfa-la-red-esculturas-digitales/>



DIFERENCIAS ENTRE RA Y RV

Volviendo a hacer un pequeño resumen de las definiciones de ambas tecnologías, recogemos que:

-La realidad aumentada es una tecnología que combina el mundo real físico con objetos o personajes virtuales. Para ello se necesitan una serie de marcadores que contienen información y que el dispositivo móvil pueda escanear y proyectar sobre el entorno físico el modelo virtual. La imagen final se observa desde el propio dispositivo.

-La realidad virtual es otra tecnología que crea una realidad completamente nueva, en la que no hay nada del entorno físico en el que estamos. Para ello se necesitan dispositivos que aislen al usuario, como unas gafas de realidad virtual.

A partir de aquí se recogen una serie de características que los diferencian:

A) Modificación o creación

- RA: superpone a la realidad física modelos virtuales, es decir, la modifica.
- RV: crea una realidad nueva en la que el usuario se sumerge totalmente, el usuario no ve ningún indicio de la realidad física.

B) Dispositivos

- RA: aparte de material específico como unas gafas, puede desarrollarse a través de dispositivos corrientes como un móvil o una tablet.
- RV: necesita de material específico como visores y cascos que puedan aislar al usuario dentro del mundo virtual.

C) Usos

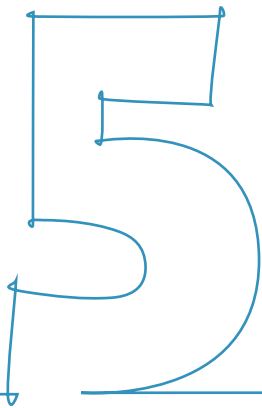
- RA: abarca muchos servicios entre los que están el turismo, la salud, la arquitectura...
- RV: principalmente se desarrolla más en el campo de los videojuegos, aunque también se puede desarrollar en menor medida en turismo, educación...

D) Propósitos

- RA: el objetivo es esa interacción con los modelos virtuales que facilitan un servicio al usuario y al fin y al cabo es buscar también una necesidad al usuario de nuevas experiencias y de vender la facilidad de acceso en muchos servicios.
- RV: la simulación es el producto y el objetivo es la venta de esa experiencia paralela.

E) Nivel de Inmersión

- RA: es parcial ya que no sumerge completamente al usuario porque sigue teniendo presente la realidad física.
- RV: es total, el usuario tiene la sensación de estar viviendo en ese nuevo mundo totalmente virtual y sin relación con el entorno del usuario.



CONCLUSIONES

Tras toda la investigación sobre estas dos tecnologías que, como se ha podido apreciar tienen similitudes, pero no son lo mismo; podemos sacar en claro varias reflexiones.

Ambas son herramientas para la divulgación sobre todo para el patrimonio cultural. En el caso de la realidad aumentada tiene una gran labor en el campo de la restauración, logrando tanto reconstruir yacimientos arqueológicos como reconstrucción de objetos culturales. Esto de cara al usuario es de gran ayuda a la hora de poder interpretar el edificio que en muchas ocasiones tiene una gran complejidad, sobre todo para aquellos que son menos entendidos en ese campo. Aunque no sólo ayuda a los usuarios, sino también a historiadores, arqueólogos, arquitectos, etc. a reproducir el sitio histórico en su época dorada. Esto también se consigue gracias a la facilidad de uso incluso para las personas menos expertas en tecnología, ya que con escanear un simple marcador con un smartphone o tablet se puede acceder a ella.

En cuanto a marcadores como el código QR se ha podido ver varios ejemplos de cómo se ha trasladado a la estructura del edificio y con él la realidad aumentada, en esos casos el usuario puede interactuar directamente con la arquitectura. Sin embargo, actualmente puede haber ciertos riesgos como el posible hackeo del dispositivo móvil a través del escaneo del marcador, por lo que no hay de momento, una cobertura total de seguridad.

Otra parte positiva es la interacción que requiere entre el usuario y la parte virtual de la realidad aumentada, sin dejar de tener la realidad física como referencia, ya que debido a esto se ha comprobado que el aprendizaje de los contenidos se retiene más tiempo. En el sector turístico es una gran herramienta para el nuevo turista que cada vez demanda más información adaptada a sus preferencias y, por otro lado, también facilita el proceso de conocer más a fondo una ciudad aportando una serie de contenidos al instante y teniendo en cuenta la ubicación del usuario.

En cuanto a lo referido a la figura del arquitecto, la realidad aumentada es una buena herramienta para explicar una idea y para sustituir la maqueta tradicional, ahorrando tiempo en los procesos arquitectónicos de ideación con la posibilidad de realizar los cambios que se quiera en el instante, sin coste ninguno y teniendo una fiabilidad más precisa en los resultados. También es una herramienta resolutive tanto para la mano de obra como para el arquitecto en situaciones como la puesta en obra; dando la ventaja de poder visualizar en el lugar de intervención, las instalaciones por ejemplo de manera virtual sobre la estructura del edificio en la realidad física. O que sea capaz de guiar a la mano de obra en el proceso constructivo evitando así posibles errores y asegurando un buen resultado.

Como se ha visto durante el análisis, tiene un gran potencial de crear o transformar la arquitectura. Desde la creación de nuevos espacios arquitectónicos que innova la interacción con la persona, hasta la renovación de arquitectura ya existente proporcionándole cierto dinamismo, puesta en valor, etc. Podría ser un recurso potencial en el urbanismo, campo en el que aún no se le está dando mucho uso.

C O N C L U S I O N E S

Es una tecnología que tiene un amplio abanico de aplicaciones, aunque aún falta desarrollo y no está muy explotada ya que de momento no es una tecnología integrada en nuestro día a día. Aún falta compatibilizar esta herramienta con todos los sistemas operativos ya existentes, a causa de que aún hay incompatibilidades con algunos. Adicionalmente, es un recurso que le falta expandirse pero que promete ser una herramienta muy útil en muchos aspectos.

En cuanto a la realidad virtual, ha demostrado ser una tecnología también muy revolucionaria en la que su punto fuerte es la experiencia que se vive dentro de la simulación de un nuevo mundo.

También es un gran recurso en lo que a reconstrucción del patrimonio se trata, sin embargo, a diferencia de la realidad aumentada, toda la visión del usuario está creada desde cero y de forma digital por lo que cada persona vive una experiencia y tiene la posibilidad de centrarse en lo que más le cree interés dentro de toda la visión panorámica virtual que está observando y no depende de que se instale esta simulación en puntos muy concretos del recorrido de visita, por ejemplo.

Otra virtud es la calidad de gráfico, opción de movimiento y la interacción como para poder abstraer al usuario de su realidad física. Sin embargo, en cuanto a la accesibilidad de esta tecnología es menos directa que la realidad aumentada y más costosa ya que depende de un material tecnológico específico, como son unas gafas o unos cascos de realidad virtual para poder visualizarlo todo. Es una manera de viajar en el tiempo con la que el usuario no hace falta que imagine nada, está inmerso tanto en la imagen como en el sonido que acompaña. La desventaja es que no pueden estimar el tiempo de cada escena ni controlar la narración.

Es una buena herramienta para experimentar arquitecturas imposibles como es el caso del Museo Virtual Kremer, que más allá de dar un servicio de divulgación de arte de manera virtual, el diseño del espacio arquitectónico no está obligado a rendirle cuentas a ningún límite físico, por lo que es un recurso muy positivo para explotar creativamente.

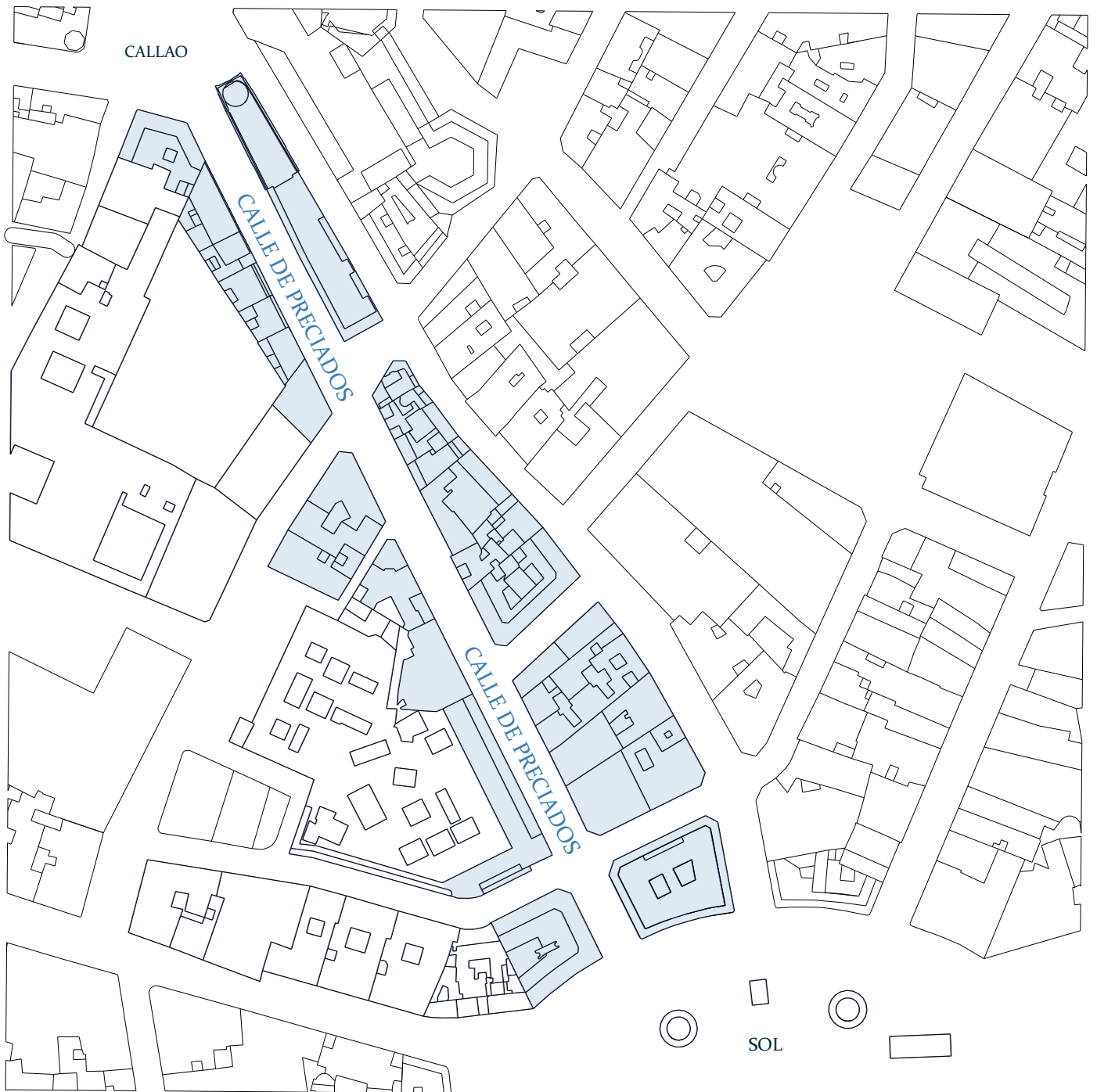
En definitiva, ambas tecnologías, aún en pleno desarrollo, tienen como en cualquier sistema informático, sus imperfecciones que actualmente les queda superar pero que sin duda aportan más virtudes que podrían generar grandes cambios a futuro como: cambiar el proceso de ideación a la hora de proyectar una idea, el proceso constructivo de un edificio, la forma en la que percibimos el patrimonio cultural, la creación de ciudades más interactivas y con arquitectura dinámica, otros ámbitos como el turismo, etc. Y que seguramente, puedan llegar a ser tan accesibles y cotidianas como el acceso a un smartphone.

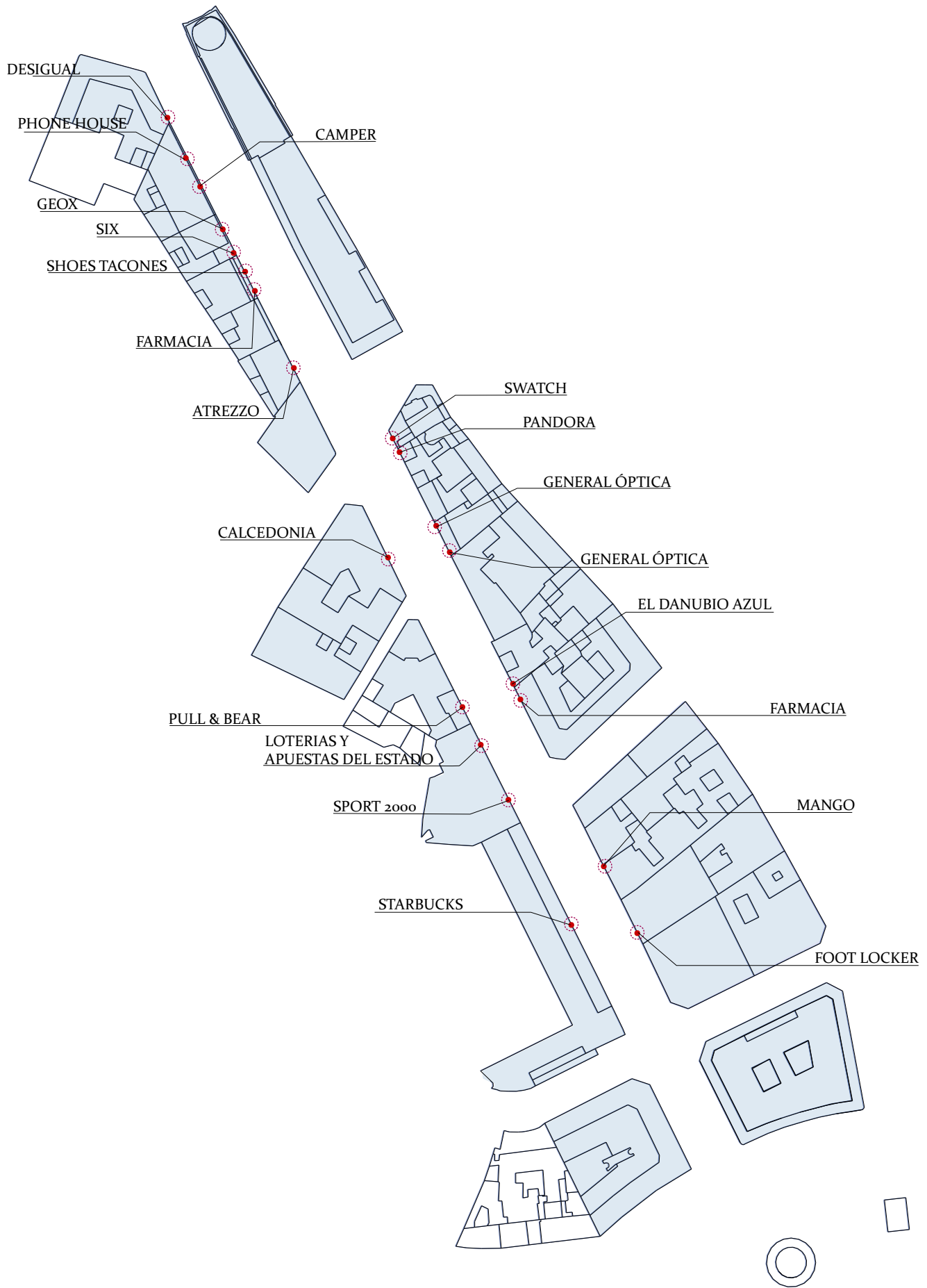


ANEXO

ANEXO – *Aplicación de la Realidad Aumentada al Urbanismo.*

Sobre la idea de poder aplicar la realidad aumentada al urbanismo se elabora una hipótesis complementaria en la que se estudia cómo volver a recuperar una arquitectura más pura en algunas partes de la ciudad, concretamente se analiza la Calle Preciados del centro de Madrid. Se llegó a la conclusión de que la mayoría de las pantallas como puntos de información se encuentran en espacios acotados como pueden ser un centro comercial, un museo, etc. Donde las personas acuden para ubicarse, o saber dónde se encuentra el establecimiento al que quieren ir dentro de ese espacio. Por otra parte, se pensó en la idea de las intervenciones en fachada para establecer letreros publicitarios, elementos que en su conjunto pueden ser “obstáculos” en la arquitectura de fachada del edificio. Por lo tanto, ¿por qué no llevar esta dinámica al espacio urbano público?, qué pasaría si se encontrara en una calle concurrida de tiendas o bares donde no necesitan carteles que sobresalgan de la fachada para ser identificados, sino disponer de unas pantallas de realidad aumentada que se coloquen en distintos puntos de la calle y hagan de punto de información entre otros usos y que al mismo tiempo deje un paisaje urbano más “limpio”. Teniendo también la ventaja de que, si en algún momento cambia el uso de cualquier establecimiento de la calle, no haría falta desmontar el cartel antiguo, como tampoco la instalación del nuevo sino un cambio de información en la base de datos de la pantalla.











ANEXO – Aplicación de la Realidad Aumentada al Urbanismo.

Para desarrollar esta idea se ha investigado sobre pantallas táctiles interactivas y transparentes que estuvieran ahora en el mercado o en desarrollo. Se encontró dos casos:

1. La pantalla LG OLED Transparente: Es una pantalla transparente al 38% por lo que permite ver los objetos que tenga detrás y es de alta calidad de imagen.

‘Muestra colores vivos y reales gracias a sus píxeles independientes, cuyo resultado son imágenes de gran calidad, con resolución Full HD y un brillo de 400 cd/m² que se combinan perfectamente con el entorno.’ (25)

Y recrea la realidad aumentada ya que superpone las imágenes sobre el fondo. La pantalla es de color negro, ya que resaltaba más algunos colores y en los fondos oscuros no se veía la terminación de la pantalla. Por otra parte, como la marca afirma:

‘La pantalla T-OLED está diseñada para facilitar su instalación e integrarse en cualquier entorno gracias a que pesa menos de 14 kilos.’ (25)



Fig.116 y Fig.117. Pantalla LG OLED
Digitalavmagazine, Octubre (2019)

(25)Digitalavmagazine, Octubre (2019),*LG OLED Transparente: un universo visual único para transformar cualquier entorno*. Recuperado de: <https://www.digitalavmagazine.com/2019/10/11/lg-oled-transparente-universo-visual-unico-para-transformar-cualquier-entorno/>

2. La pantalla DeepFrame de RealFiction: Es una pantalla 4K transparente, de realidad mixta, que está enfocada a instalaciones más permanentes. Como la realidad aumentada requiere, permite superponer elementos digitales y físicos al mismo tiempo.



Fig.118. Pantalla DeepFrame

Fig.119, Fig.120 y Fig.121

Capturas de video. <https://www.realfiction.com/solutions/deepframe>





B I B L I O G R A F Í A

- Anallasa, Mayo (2017), Chad Knight, artista en 3D. Recuperado de: <https://anallasa.com/2017/05/16/chad-knight-artista-en-3d/>
- Aparicio Resco, P., Abril (2019), El conjunto monumental de Santa Fe de Toledo (III): La capilla de Belén. Recuperado en: <https://parpatrimonioytecnologia.wordpress.com/2019/04/10/el-conjunto-monumental-de-santa-fe-de-toledo-iii-la-capilla-de-belen/>
- Arce, C., Realidad Aumentada, (Tesis). Facultad de Ciencias y Tecnología: Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”
- Arcus Global, Octubre (2016), ¿Realidad Aumentada en la Construcción? Recuperado de: <https://www.arcus-global.com/wp/arquitectura-virtual/>
- Arnaldi, B., Guitton, P., Moreau, G., (2018), Virtual Reality and Augmented Reality: Myths and realities. Gran Bretaña y USA: ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc. ISBN 978-1-78630-105-5
- Bonifaz, E., Noviembre (2015), Realidad aumentada y su aporte al patrimonio cultura. Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH)
- Caro, J.L., Luque, A., Zayas, B., Junio (2014), Aplicaciones tecnológicas para la promoción de los recursos turísticos culturales. Departamento Lenguajes y Ciencias de la Computación, Facultad de Turismo.
- Castillo Otegui J., Diciembre (2017), La Realidad Virtual y la Realidad Aumentada en el proceso de Marketing, TFG publicado en la Revista de Dirección y Administración de Empresas. Número 24, págs. 155-229
- Código QR (s.d.). Recuperado en: <https://www.codigos-qr.com/>
- Coates, C., Septiembre (2020), Cómo utilizan los museos la realidad aumentada. Recuperado de: <https://www.museum-next.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/>
- Craig, A.B., (2013), Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications. USA: Elsevier Inc. ISBN: 978-0-240-82408-6
- Digitalavmagazine, Marzo (2020), Mediapro, Telefónica y TMB: primer proyecto de realidad aumentada sobre 5G en un autobús turístico. Recuperado de: <https://www.digitalavmagazine.com/2020/03/05/mediapro-telefonica-y-tmb-primer-proyecto-realidad-aumentada-5g-autobus-turistico/>
- Digitalavmagazine, Octubre (2019), LG OLED Transparente: un universo visual único para transformar cualquier entorno. Recuperado de: <https://www.digitalavmagazine.com/2019/10/11/lg-oled-transparente-universo-visual-unico-para-transformar-cualquier-entorno/>
- El Museo Kremer. Recuperado de: <https://www.thekremercollection.com/the-kremer-museum/>
- Etherington, R., 29 Agosto (2012), Russian Pavilion at the Venice Architecture Biennale. Recuperado de: <https://www.dezeen.com/2012/08/29/russian-pavilion-at-venice-architecture-biennale-2012/>
- Ferrer, P., Marzo (2018). Recuperado de: <https://www.despiertaymira.com/index.php/2018/03/chad-knight-triunfa-la-red-esculturas-digitales/>
- Franco, J. T., Diciembre (2018), Así se construye un muro de ladrillos utilizando realidad aumentada. Recuperado de: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/908593/asi-se-construye-un-muro-complejo-de-ladrillos-utilizando-realidad-virtual>
- García Antolín A., Abril (2019). Recuperado de: <https://www.elledecor.com/es/arte/a27250857/chad-knight-instagram-esculturas/>

B I B L I O G R A F Í A

- Mohammed-Amin, R. K. (2010). Augmented Reality: A Narrative Layer for Historic Sites (Unpublished master's thesis). University of Calgary, Calgary, AB. doi:10.11575/PRISM/14990. <http://hdl.handle.net/1880/49446>
- Las colosales esculturas digitales de Chad Knight, Octubre (2018). Recuperado de: <https://www.domestika.org/es/blog/1564-las-colosales-esculturas-digitales-de-chad-knight>
- Linowes, J., Agosto 2015, Unity Virtual Reality Projects: Explore the world of virtual reality by building immersive and fun VR projects using Unity 3D, publicado por: Packt Publishing Ltd, referencia: 1280815, ISBN 978-1-78398-855-6.
- Mortice, Z., Abril (2018), The invasive species exhibit wriggles into the art world using Augmented Reality. Recuperado de: <https://redshift.autodesk.com/augmented-reality-art/>
- Mvrdv, 30 enero (2018), The Milestone. Alemania: Autor. Recuperado de: <https://www.mvrdv.com/projects/326/the-milestone>
- Mvrdv (2012), Teletech Campus. Autor. Recuperado de: <https://www.mvrdv.nl/projects/42/teletech-campus>
- Palou, N., Enero (2018). Una pantalla transparente para experimentar la realidad aumentada sin necesidad de gafas. Recuperado de: <https://www.microsiervos.com/archivo/tecnologia/pantalla-transparente-experimentar-realidad-aumentada-sin-gafas.html>
- Pamm Tech, Diciembre (2017), Felice Grodin connects “invasive species” AR exhibition to climate change. Recuperado de: <https://pammportraits.org/2017/12/04/felice-grodin-connects-invasive-species-ar-exhibition-to-climate-change/>
- Pérez Art Museum Miami, 2017-ongoing. Felice Grodin: Invasive Species. Recuperado de: <https://www.pamm.org/ar>
- Principales diferencias entre realidad aumentada y realidad virtual. Recuperado de: <https://iat.es/tecnologias/realidad-aumentada/diferencias-realidad-virtual/>
- Puyuelo Cazorla, Marina et al. De la representación a la experiencia. Realidad Aumentada para la interpretación del patrimonio monumental de la Lonja de Valencia. EGA Expresión Gráfica Arquitectónica, [S.l.], n. 26, p. 180-189, oct. 2015. ISSN 2254-6103. Disponible en: <<https://polipapers.upv.es/index.php/EGA/article/view/4051>>. Fecha de acceso: 29 dic. 2020 doi:<https://doi.org/10.4995/ega.2015.4051>.
- Revista Digital Universitaria, 10 Agosto (2004), La Realidad Aumentada: Unatecnología en espera de usuarios, Volumen 5 Número 7 • ISSN: 1067-6079
- Ruiz Torres, D., 2011, Realidad aumentada y Patrimonio Cultural: nuevas perspectivas para el conocimiento y la difusión del objeto cultural, E-rph: Revista electrónica de Patrimonio Histórico, ISSN-e 1988-7213, Nº. 8, 2011, págs. 92-113
- Ruiz Torres, D., (2011), Realidad Aumentada, educación y museos. Revista Icono 14, Año 9, Volumen 2, pp.212-226. ISSN 1697-8293. Madrid. Recibido: 01.02.2011 y Aceptado: 25.04.2011.
- Story of the forest. Recuperado de: <https://www.nhb.gov.sg/nationalmuseum/our-exhibitions/exhibition-list/story-of-the-forest>

B I B L I O G R A F Í A

- Terada Design: Autor. Recuperado de: <https://www.idnworld.com/creators/TeradaDesign>
- Universidad de Burgos (2015). Reconstrucción Virtual del Patrimonio: Villa de Briviesca en el S.XIV. Burgos: Autor. Recuperado en: <https://3dubu.es/briviesca/>
- Urdiales, C; Ruiz, A; Fernández-Ruiz, J.A.; Sandoval, F., Enero (2004), Subido en Junio 2014, Ideación Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada. Dpto. Tecnología Electrónica, ETSI Telecomunicación, Univ. Málaga, Campus de Teatinos., Dpto. de Expresión Gráfica, Arquitectónica y en la Ingeniería, ETS Arquitectura, Univ. Granada, Campus de Fuentenueva. Recuperado en: <https://www.researchgate.net/publication/229041239>
- Uso de la Realidad Virtual en Museos: Mejores ejemplos. Noviembre (2019). Recuperado de: <https://evemuseografia.com/2019/11/14/uso-de-la-realidad-virtual-en-museos-mejores-ejemplos/>
- Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C (eds.), Enero (2013), Desarrollo de un filtro de realidad aumentada para telefonía móvil sobre el patrimonio geológico de la provincia de Segovia. Cuadernos del Museo Geominero, nº 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2013. ISBN 978-84-7840-901-3. ©Instituto Geológico y Minero de España
- Welch, A., 26 Diciembre (2020), N Building Tokyo, Japan: Tachikawa-shi. Recuperado de: <https://www.e-architect.com/tokyo/n-building-tokyo>. Home > Tokyo architecture: buildings > N Building Tokyo, Japan: Tachikawa-shi.
- Yoo, A., 29 Agosto, (2012), Russia's Futuristic QR Code Covered Pavilion. Recuperado de: <https://mymodernmet.com/russia-pavilion-venice-architecture-biennale/>

