

EL PROYECTO DE LA ARQUITECTURA MEDIANTE RENDER 360°

Alejandro Francés Cuesta
Tutores: Susana Iñarra Abad
Málek Murad Mateu

Curso 2015-16
TFG - Departamento de Expresión gráfica



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

RESUMEN

El proyecto arquitectónico requiere de herramientas visuales para comunicar su contenido. Desde tiempos remotos, el arquitecto ha transmitido sus ideas a través de bocetos, esquemas, planos y maquetas.

En la actualidad, gracias a los avances tecnológicos, el arquitecto es capaz de generar imágenes fotorrealistas con las que comunicar con mayor facilidad sus diseños. Superados estos recursos, la tecnología ofrece nuevos soportes con los que mostrar la arquitectura.

El objetivo de este trabajo se centra en analizar la evolución de un sistema de visualización que permite mostrar imágenes virtuales con un campo de visión completo: el render 360°.

El trabajo ha combinado un caso práctico con el análisis teórico, comprobando las tesis planteadas en cada capítulo, utilizando como modelo un referente de la arquitectura moderna: el Pabellón alemán de Barcelona, de Mies van der Rohe.

Se estructura en cuatro capítulos que aúnan investigación histórica y planteamientos actuales de las tecnologías 360°. El primer capítulo se dedica al estudio de los precedentes de las imágenes 360°. El segundo profundiza en las bases de los gráficos generados por ordenador, fundamento de los renders 360°. El tercer capítulo está dedicado a la actualidad de las imágenes 360° y la capacidad de interacción a través de estas. Finalmente, el cuarto capítulo analiza la relación entre la imagen 360° y la realidad virtual, mostrando el potencial que estas tecnologías representan en el mundo de la arquitectura.

PALABRAS CLAVE

RENDER 360°, RECORRIDO VIRTUAL, PABELLÓN DE BARCELONA, PANORAMA, REALIDAD VIRTUAL, PANO2VR, IMAGEN, CGI

RESUM

El projecte arquitectònic requereix d'eines visuals per a comunicar el seu contingut. Des de temps remots, l'arquitecte ha transmès les seues idees mitjançant esbossos, esquemes, plànols i maquetes.

A l'actualitat, gràcies als avanços tecnològics, l'arquitecte pot generar imatges fotorealistes amb les que comunicar amb major facilitat els seus dissenys. Més enllà d'aquests recursos, la tecnologia ofereix nous suports amb els que mostrar l'arquitectura.

L'objectiu d'aquest treball es centra en analitzar l'evolució d'un sistema de visualització que permet mostrar imatges virtuals amb un camp de visió complet: el render 360°.

El treball combina cas pràctic amb l'anàlisi teòric, comprovant les tesis plantejades en cada capítol, utilitzant com a model un referent de l'arquitectura moderna: el Pavelló alemany de Barcelona, de Mies van der Rohe.

La investigació ha quedat dividida en quatre capítols que uneixen investigació històrica i plantejaments actuals de les tecnologies 360°. El primer capítol es dedica a l'estudi dels precedents de les imatges 360°. El segon profunditza en les bases dels gràfics generats per ordinador, fonament dels renders 360°. El tercer capítol està dedicat a l'actualitat de les imatges 360° i la capacitat d'interactuació mitjançant aquestes. Finalment, el quart capítol analitza la relació entre la imatge 360° i la realitat virtual, mostrant el potencial que aquestes tecnologies representen al món de l'arquitectura.

PARAULES CLAU

RENDER 360°, RECORREGUT VIRTUAL, PAVELLÓ DE BARCELONA, PANORAMA, REALITAT VIRTUAL, PANO2VR, IMATGE, CGI

ABSTRACT

The architectural project requires visual tools in order to communicate its content. Since ancient times architects have communicated their ideas through sketches, diagrams, plans and models.

Nowadays, through technological advances, architects are able to generate photorealistic images that convey their designs easily. However, technology is not limited to those procedures, as it offers new ways to expose architecture.

The aim of this essay is to investigate the evolution of a display system which shows virtual images with a complete field of view: 360° render.

The work has followed a line of research combining theoretical and practical sector, checking the points raised in each chapter with a case of image development, using as a model an architectural landmark: the German Pavilion of Barcelona of Mies van der Rohe.

The research has been divided into four chapters that combine historical research and current approaches to 360° technologies. The first chapter is about the study of the precedents of 360° images. The second delves into the basics of computer graphics, which are the base of 360° renders. The third chapter is dedicated to the present of 360° images and the interaction capability through them. Finally, the fourth chapter investigates the relationship between 360° image and virtual reality, showing the potential that these technologies represent in the world of architecture.

KEY WORDS

RENDER 360°, VIRTUAL TOUR, BARCELONA PAVILION, PANORAMA, VIRTUAL REALITY, PANO2VR, IMAGE, CGI

ÍNDICE

1	Resumen y palabras clave
4	Índice
5	Capítulo 1. Precedentes de la imagen 360°
6	1.1. La primera imagen 360° inmersiva: Panorama de Robert Baker (1792)
8	1.2. La fotografía panorámica
10	Capítulo 2. El desarrollo de imágenes por ordenador
11	2.1. Historia de los gráficos por ordenador
12	2.2. Diseño asistido por ordenador y sus aplicaciones en la arquitectura
14	2.3. Renderizado
14	2.3.1. <i>Modelo 3D</i>
15	2.3.2. <i>Parámetros del modelo para el renderizado</i>
18	2.3.3. <i>Motores de renderizado</i>
20	2.4. <u>Caso práctico</u> - Parte I: Modelo y renderizado del Pabellón de Barcelona
27	Capítulo 3. Imagen 360° no inmersiva
28	3.1. Recorridos virtuales
32	3.2. Ventajas y desventajas de las imágenes 360°
33	3.3. Aplicaciones de las imágenes 360°
34	3.4. <u>Caso práctico</u> - Parte II: Creación y visualización de imágenes 360° mediante Pano2VR
40	Capítulo 4. Realidad Virtual aplicada a las imágenes 360°
41	4.1. Definición de Realidad Virtual
42	4.2. Breve reseña histórica
45	4.3. Actuales aplicaciones de la Realidad Virtual sobre las imágenes 360°
47	4.4. <u>Caso práctico</u> - Parte III: Preparar una imagen 360° para aplicaciones de inmersión virtual
51	Conclusiones
53	Referencias bibliográficas
55	Índice de imágenes

CAPÍTULO 1

PRECEDENTES DE LA IMAGEN 360°



BOOKS descriptive of MALTA to be had at the PANORAMA, price Sixpence

1.1. La primera imagen 360 inmersiva: Panorama de Robert Baker (1792)

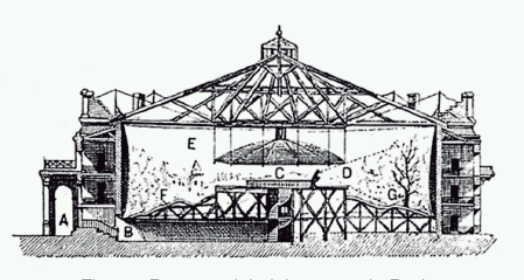


Fig 1.1 Patente del ciclorama de Barker

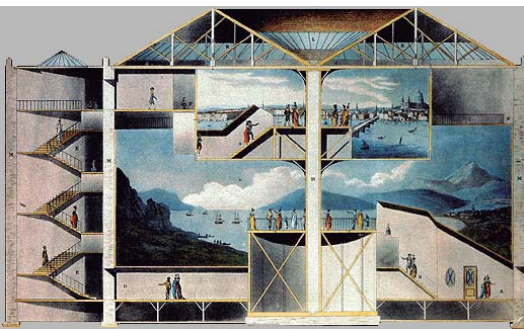


Fig 1.2 Sección del ciclorama de Leicester Square, construido por Barker en Londres



Fig 1.3 Grabado representativo del efecto de Panorama

El precedente de las imágenes virtuales de 360° y también de las tecnologías inmersivas (como la realidad virtual) fue el *Panorama*, inventado a finales del siglo XVIII.

El término panorama (del griego *pan*-todo y *orama*-vista, cuyo significado es "todo lo que se ve") fue acuñado por el pintor irlandés Robert Barker en 1792 para nombrar una pintura que reproducía una vista de Edimburgo sobre una superficie cilíndrica cóncava, abarcando 180° de visión.

No contento con esta obra, Barker encarga una enorme pintura de Londres desde Albion Mills a su hijo, esta vez de 360°. En 1793 patenta el ciclorama, un edificio cilíndrico que albergará la gran obra. De este modo, el espectador quedaba inmerso en una enorme panorámica completa.

Al contrario que las imágenes de Wenceslao Hollar, que únicamente consistían en desarrollar el dibujo de una ciudad en un soporte continuo, en las imágenes de Barker se manipulaba la perspectiva de la imagen. Gracias a esta técnica se lograba un sorprendente realismo al colocar la obra sobre el soporte curvo. Del mismo modo al ocultar en el ciclorama los bordes del lienzo e iluminar el espacio con luz natural se conseguía perder la sensación de artificialidad. Por tanto, este fue el primer paso hacia la realidad virtual inmersiva, mediante una imagen 360°.



Fig 1.4 Panorama de Edimburgo de Robert Barker

Otro aspecto interesante de estas exposiciones era la presentación mediante folletos de las obras expuestas, que mostraban una perspectiva distorsionada del *Panorama* aplicada sobre la circunferencia base. En ella se indicaban mediante una numeración los distintos hitos de la imagen original.

Esta técnica se puso de moda a principios del siglo XIX. Con ella se relataban batallas que se habían llevado a cabo o se detallaban exóticos paisajes de ciudades lejanas. Con el desarrollo de esta técnica se alcanzó un grado de precisión geográfica cuya ambición era la fiel representación de la realidad. Con la aparición de la fotografía, y más adelante la aparición de las imágenes en movimiento, se produjo una importante pérdida de popularidad y patrocinios. Pese a la repercusión del panorama como precursor del cine, la infraestructura del ciclorama y el original efecto inmersivo quedó desplazado a un segundo plano. Los esfuerzos por virtualizar la realidad con fidelidad se centraron en la imagen fija.

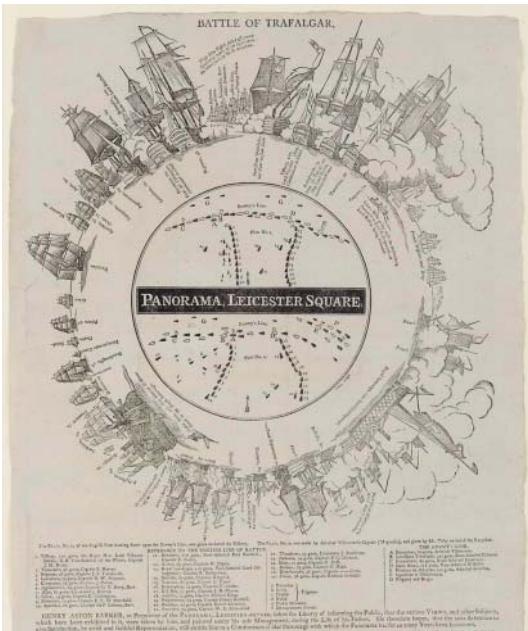


Fig 1.5 Folleto publicitario del Panorama de la batalla de Trafalgar



Fig 1.6 Folleto publicitario del Panorama de Malta



Fig 1.7 Vista de Londres de Wenceslaus Hollar. Se aprecia que no se trabaja la perspectiva como lo hacía Barker

1.2. La fotografía panorámica



Fig 1.8 Sol Naciente de Claude Monet

Daguerrotipo

Técnica fotográfica primitiva mediante la cual las imágenes captadas con la cámara oscura se fijan sobre una chapa metálica convenientemente preparada.

Diccionario de la Lengua Española

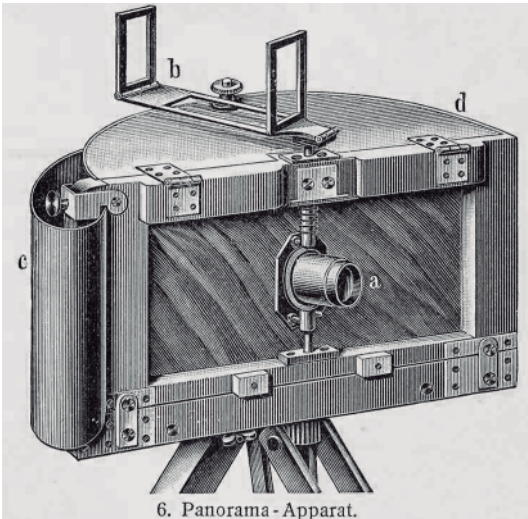


Fig 1.9 Cámara panorámica de Joseph Puchberguer

Tras la invención de la fotografía y su creciente evolución a principios del siglo XIX, *Panorama* quedó en el olvido. El mundo de la pintura sufrió una revolución al encontrar un competidor más rápido y realista.

La fotografía inspiró el nacimiento del impresionismo, que trató de desvincularse del realismo puro abstrayendo lo esencial de la imagen y remarcando la importancia de la luz. La pintura adoptó nuevas funciones, pues la representación fidedigna quedó para el mundo de la fotografía y el cine. Y con ello se iniciaron los movimientos de vanguardia.

La invención de la fotografía llevó pronto a la búsqueda de técnicas para captar imágenes panorámicas, de mayor formato y con un amplio campo de visión. Las primeras panorámicas fueron creadas uniendo daguerrotipos.

En 1843 es patentada una cámara panorámica de lente oscilante por Joseph Puchberguer. El campo de visión de esta cámara cubría 150°.

El siguiente año Friedrich von Martens inventó la Megaskop Camera, un modelo con daguerrotipo cilíndrico. Con la invención de la placa húmeda también se empleó este sistema.

En 1857, M. Garrela patentó un artefacto consistente en una cámara adosada a un eje centrado con un complejo mecanismo de relojería adosado a él que permitía captar los 360°.

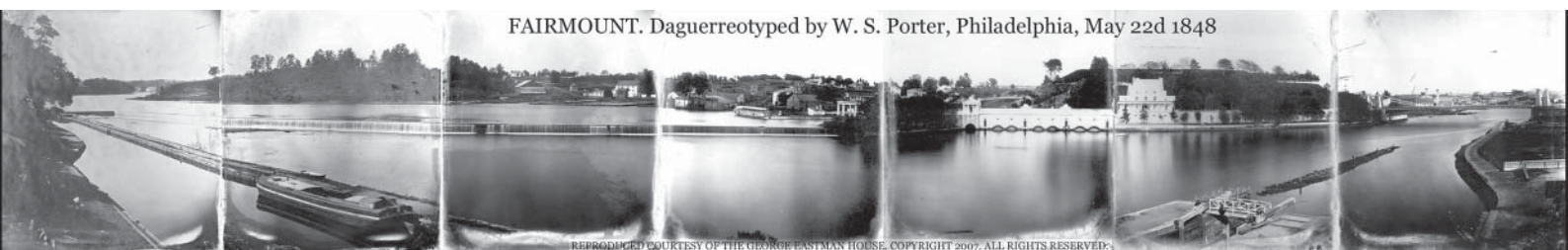


Fig 1.10 Panorámica formada mediante daguerrotipos unidos. Fotografías tomadas por W. S. Porter en mayo de 1848

En 1883, August Fuhrmann inventó el Kaiserpanorama, un carrusel que presentaba distintos panoramas en movimiento que podían ser visualizados a través de mirillas, pretendiendo de nuevo alcanzar una sensación inmersiva.

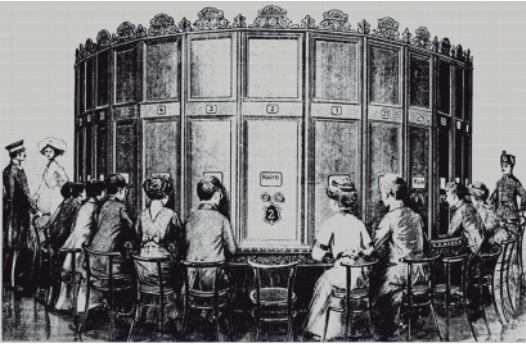


Fig 1.11 El Kaiserpanorama de August Fuhrmann

Poco después, en 1888 George Eastman (fundador de la Eastman Kodak Company) inventó la película flexible y a partir de entonces se desarrollaron multitud de modelos de cámaras en Europa y Estados Unidos, algunas de ellas panorámicas de alta calidad de imagen. Pero el gran inconveniente de estos modelos era su altísimo coste y su gran peso, por lo que solo eran accesibles para usos militares o industriales.

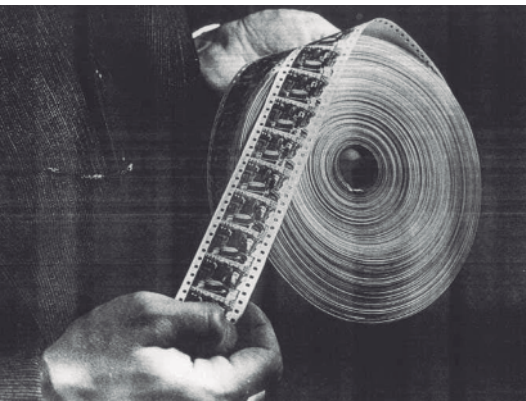


Fig 1.12 Película flexible de George Eastman

Gracias a la estandarización de la película de 35mm se logró llevar la cámara fotográfica a todos los públicos. Pero las cámaras panorámicas, con un formato especial tardarían más en aparecer, a partir de mediados del siglo XX, de la mano de la japonesa Windelux, la rusa Horizon u otros modelos. A pesar de ello estas cámaras no superaban el ángulo de visión de 120°.


Con el desarrollo minucioso de la industria electrónica, la aparición de la primera computadora personal (*Programma 101* de la empresa italiana Olivetti, 1965) y la primera cámara digital (prototipo de la empresa Kodak, 1975) se abrieron las puertas a la evolución de nuevas máquinas con potencial para crear imágenes 360°.



Fig 1.13 *Programma 101* (Olivetti, 1965)



Fig 1.14 Primera cámara digital (Kodak, 1975)



CAPÍTULO 2

EL DESARROLLO DE IMÁGENES POR ORDENADOR

Con la aparición de los ordenadores programables y su evolución desde los más primitivos que introducían complejos patrones a partir de tarjetas perforadas, se comenzó a desarrollar la informática gráfica. Los gráficos en un ordenador son elementos visuales, siempre que no sean texto. Su primera utilidad en el mundo de la computación fue conformar interfaces que hacían comprensible la información para el usuario. Pero con el aumento de capacidad de procesamiento han ido apareciendo más complejas aplicaciones, especialmente enfocadas a sectores puramente visuales como puede ser el diseño, el cine y los videojuegos.

La capacidad de generar imágenes por ordenador y controlar parámetros físicos en el proceso permite que en la actualidad podamos producir imágenes de 360°.

2.1. Historia de los gráficos por ordenador

Los gráficos por ordenador (*Computer Graphics* o "CG") aparecieron por primera vez con la computadora *Whirlwind*, desarrollada en el Massachusetts Institute of Technology durante los años 50. Esta computadora simulaba los vuelos de entrenamiento de escuadrones bombarderos representando sus posiciones mediante la introducción a tiempo real de datos de geoposicionamiento. Estos datos quedaban reflejados sobre una serie de puntos que representaban la costa de Massachusetts.



Fig 2.1 Interfaz de la computadora *Whirlwind*

En la década siguiente se constató el progreso más importante hasta la fecha en el mundo de los gráficos desarrollados por ordenador, la creación de Sketchpad por parte de Ivan Sutherland (1963). Sutherland descubrió en el Lincoln's Laboratory del MIT la computadora TX-2, con almacenamiento en cinta magnética y 320 kb de memoria, que disponía de un útil periférico de control para interactuar con la máquina (el *lightpen*) y una pantalla gráfica que mostraba los resultados.

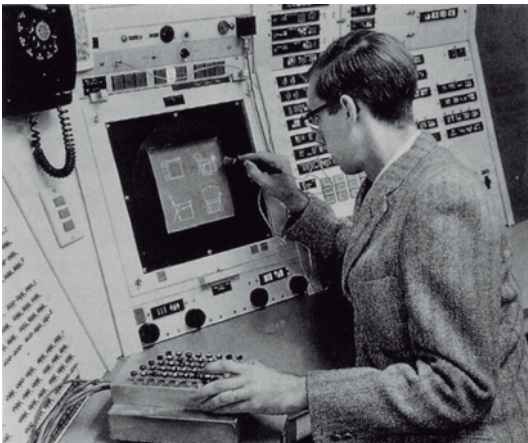


Fig 2.2 Computadora TX-2 con el dispositivo de entrada *lightpen*

Sutherland realizó para la TX-2 el programa Sketchpad, dedicado a realizar dibujos directamente sobre la pantalla a través del *lightpen* y que contaba con ingeniosas herramientas que todavía se emplean en los programas de CAD como son las escalas, líneas rectas, manipulación de geometrías, etc.

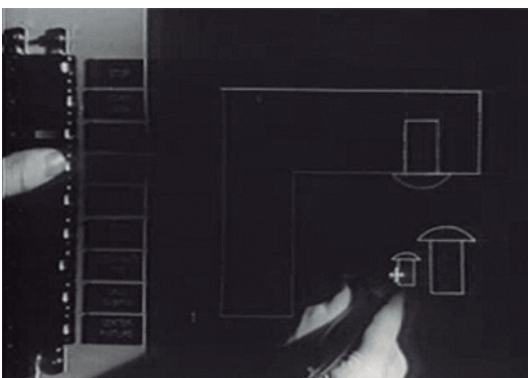


Fig 2.3 Muestra de la interfaz de TX-2 para el programa de Sutherland, *Sketchpad*

Sutherland continuó investigando y desarrollando aplicaciones y dispositivos en campos de la imagen digital, la realidad virtual y realidad aumentada.

2.2. Diseño asistido por ordenador y sus aplicaciones en la arquitectura

Gracias a la investigación dedicada en el campo de los gráficos generados por ordenador pronto se crearon los sistemas informáticos que conforman el CAD (*Computer Aided Design* o Diseño Asistido por Ordenador) dedicados al análisis y creación de diseños y dibujos técnicos.

Los programas CAD, empleados inicialmente en la delineación, se basan en gráficos vectoriales, es decir, gráficos definidos por expresiones matemáticas, por lo que permiten dibujos con una gran precisión. Por ello permiten dibujar geometrías perfectas y realizar modificaciones con sencillez, a través del control de parámetros de figuras simples.

En 1958 General Motors encargó un sistema gráfico que permitiese optimizar el tiempo y que permitiese el intercambio de información entre los distintos departamentos para minimizar los errores interpretativos. Para ello se desarrolló el DAC-1 en 1959 que permitía convertir las líneas en formas tridimensionales. Este fue el primer programa CAD comercializado.

En la siguiente década se generaron gran cantidad de investigaciones como la creación de algoritmos para ocultar las líneas traseras de los modelos tridimensionales y la mejora en la eficiencia de cálculo.

A partir de entonces empiezan a aparecer aportaciones sobre la iluminación, sombras, texturizado, efectos, etc.

En 1973 la Universidad de Cornell (Nueva York) funda un laboratorio pionero de imágenes fotorrealistas que basa su investigación en la iluminación basadas en las leyes físicas. También se aportaron técnicas como la composición de imágenes por capas y el mapeado de texturas y elementos reflectantes.



Fig 2.4 Programa DAC-1

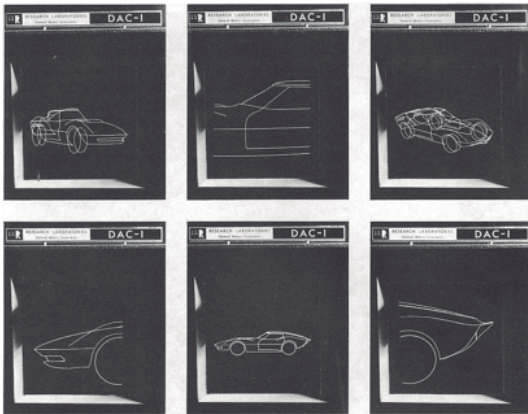


Fig 2.5 Diseños realizados con DAC-1



Fig 2.6 Render del Herbert F. Johnson Museum of Art de la Cornell University por el equipo del PFG (*Program of Computer Graphics*)



Fig 2.7 Investigación sobre la luz; caja de Cornell

En 1975 George Lucas funda la empresa de efectos especiales *Industrial Light and Magic (ILM)* que cuenta con la investigación de diversos ingenieros y artistas con el fin de crear los efectos que se muestran en las primeras entregas de la saga Star Wars (1977). En 1979 se incorpora en el estudio el departamento digital que se transformaría más adelante en Pixar, dirigido por Edwin Catmull. El desarrollo de este departamento introdujo los primeros efectos digitales en reconocidos largometrajes como *Abyss* (1989), *Parque Jurásico* (1993) y la creación del primer largometraje completamente generado por ordenador, *Toy Story* (1995).

A partir de este momento se ha conseguido cada vez un mayor fotorrealismo en las imágenes generadas por ordenador. Se empiezan a aplicar simulaciones de las leyes naturales con equipos cada vez más complejos y algoritmos más precisos y especializados.

Todo este trabajo de investigación y desarrollo de programas de procesamiento puramente visual ha sido plenamente absorbido por el sector de la arquitectura y el diseño, que ha encontrado un aliado excepcional en asistencia de diseños y la optimización de recursos y tiempo en el proceso del proyectista.

Prueba de ello es la actual especialización de una serie de programas dedicados al sector de la construcción tanto para diseño como para cuestiones de organización y productividad, englobados en el concepto BIM (*Building Information Modeling* o Modelado de Información de Construcción).

Estos programas permiten trabajar a partir de elementos constructivos que pueden ser definidos por el usuario y que contienen una serie de parámetros y propiedades exclusivas que permiten un sistema lógico constructivo que el programa reconoce. Éste permite diferentes salidas de información a partir de un modelo único. Por tanto, en estos programas se puede extraer la delineación de plantas y secciones a partir del modelo, pero también se pueden conocer temas estructurales, cantidades exactas de cada material en obra, resistencias e incluso precios y cantidades estimadas de tiempo en el proceso constructivo.



Fig 2.8 Escena del largometraje Star Wars: A New Hope



Fig 2.9 Escena del largometraje de animación Toy Story



Fig 2.10 Conceptos relacionados con el sistema BIM



Fig 2.11 Infografía arquitectónica de la residencia Kaufmann de Frank Lloyd Wright (imagen de Stefano Pagani)



Fig 2.12 Modelo descompuesto de la Villa Savoye de Le Corbusier (imagen de Samuel Macalister)

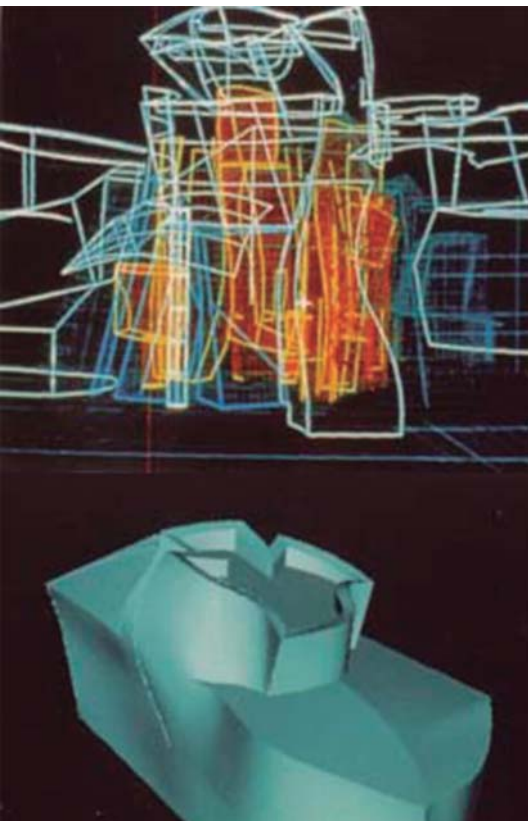


Fig 2.13 Imágenes originales del modelo en CATIA del Museo Guggenheim de Bilbao diseñado por Frank O. Gehry

Actualmente la cantidad y calidad de la información que se puede generar tanto con los programas CAD como BIM permiten crear con relativa facilidad infoarquitecturas, es decir, la recreación fotorrealista de imágenes generadas mediante estos sistemas.

Como veremos en el siguiente capítulo la realización de renders 360° depende esencialmente de la correcta renderización de un modelo 3D. A continuación se hace un breve compendio de aplicaciones y conceptos clave en la realización de infografías arquitectónicas seguido de un ejemplo práctico demostrativo.

2.3. Renderizado

2.3.1. Modelo 3D

La base de una imagen virtual fotorrealista es un modelo tridimensional. Este modelo se compone de una serie de sólidos y superficies trabajadas en base a geometrías sencillas a las que se les aplica distintas operaciones (extrusiones, solevaciones, sustracciones, simetrías...) para componer objetos.

Actualmente la mayor parte de los programas CAD y BIM tienen la capacidad de trabajar en las tres dimensiones y con ello conformar esta serie de objetos, con un mayor o menor grado de libertad.

Sin embargo existe una serie de programas especialmente desarrollados para realizar el modelado tridimensional, con una mayor cantidad de herramientas y un mejor acabado.

Dedicado especialmente al mundo de la ingeniería, el programa CATIA (Computer-Aided Three dimensional Interactive Application), de Dassault Systèmes, es un programa dedicado a desarrollo de productos, nacido para satisfacer el diseño en el sector aeronáutico y que ha ido expandiéndose a otros como el automovilístico (ampliamente utilizado por empresas como BMW, Renault, Peugeot, el grupo VW...) e incluso adoptado por arquitectos como Frank O. Gehry en el diseño de varias obras como, por ejemplo, el Museo Guggenheim de Bilbao.

Especializado en el modelado libre mediante curvas NURBS encontramos el programa Rhinoceros, de Robert McNeel & Associates, dedicado también a distintos sectores de la ingeniería y desarrollo de productos.

Google presenta Sketchup, un programa de modelado sencillo con una gran popularidad gracias a su intuitivo uso y la cantidad de recursos y plug-ins gratuitos que conforman una enorme biblioteca en línea. Este programa, de corte más sencillo, es más indicado para realizar bocetos sencillos para la arquitectura, más rápidos y directos, pero con menor realismo. Pero gracias a complementos externos pueden convertirse en una potente herramienta.

Para trabajo topográfico se emplea programas como VUE (e-on software inc.) o Bryce (DAZ 3D) que permiten modelar paisajes con gran detalle, y son ampliamente utilizados en el cine y los videojuegos.

Programas como Zbrush (Pixologic) o Mudbox (Autodesk) trabajan a partir de una masa digital que se esculpe y pinta artísticamente, especialmente indicado para personajes y productos virtuales para animaciones y videojuegos.

Por otra parte encontramos programas 3D con todas las herramientas necesarias, desde el modelador 3D hasta motores render incorporados y ampliables pasando por herramientas para aplicar materiales e iluminación, preparar animaciones, y componer vídeos. Estos programas resultan más complejos pero permiten grandes resultados, por lo que también se utilizan en la arquitectura. Como ejemplos encontramos 3ds Max (Autodesk) y Blender (Blender Foundation), entre otros.

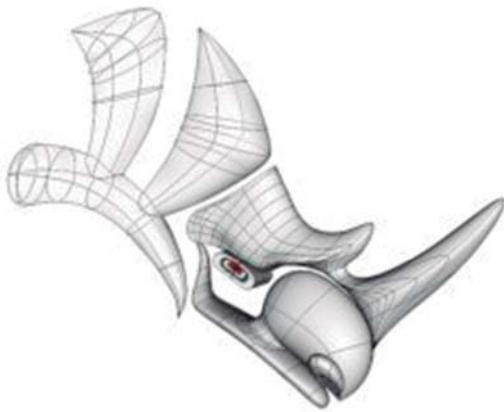


Fig 2.14 Logo del programa Rhinoceros conformado con curvas NURBS



Fig 2.15 Paisaje generado con Vue para la película AVATAR



Fig 2.16 El programa 3ds Max permite generar animaciones con su gran gama de herramientas (imagen de visual distractions, LTD)

2.3.2. *Parámetros para el renderizado*

Actualmente para elaborar una infografía arquitectónica, se debe tener en cuenta una serie de conceptos a partir de los cuales se trabaja la imagen y que basan su funcionamiento en las físicas reales para conseguir una apariencia realista. Los conceptos básicos tratan temas de iluminación y materialidad y permiten controlar una serie de parámetros para generar las imágenes.

Iluminación

La iluminación directa es el sistema de iluminación de más sencillez de cálculo. Tan solo se ilumina las partes del modelo alcanzadas por el rayo de luz, por lo que las zonas no iluminadas quedan en el oscuro absoluto. No resulta una iluminación realista, pues no respeta los efectos de la atmósfera debido el altísimo contraste entre claros y oscuros, y no confiere reflexión a los materiales.

La iluminación indirecta es mucho más fiel a la realidad, pero evidentemente requiere más cantidad de cálculos por parte del motor de renderizado. En ella se contemplan efectos naturales como la reflexión sobre los materiales y la iluminación atmosférica, entre otros parámetros. Para lograr esta iluminación indirecta se emplean diversos sistemas simplificados según la necesidad existente. Se puede aplicar una iluminación ambiental con el inconveniente de que los materiales quedan planos y poco realistas. Actualmente existen una serie de algoritmos complejos, incluidos en los motores de renderizado que permiten calcular la cantidad de rebotes de los fotones con una progresiva pérdida de intensidad, por lo que consiguen los efectos más realistas en la escena.

También añade realismo el uso de casuísticas que representan la refracción y reflexión de los materiales transparentes y traslucidos, aunque en arquitectura la variación de la calidad de la imagen varía ínfimamente. Es especialmente utilizada en el la infografía de productos.

Una muy interesante manera de iluminar una escena para lograr un resultado más realista es basar la iluminación en una HDRI (High Dynamic Range Imaging o Imagen de alto rango dinámico). Estas imágenes consisten en la composición de una única imagen con múltiples rangos a partir de varias imágenes con un rango limitado.

Las imágenes HDRI se pueden emplear como fuente de información luminica en una escena 3D. El equipo de investigación de la Universidad del Sur de Carolina, dirigido por Paul Debevec, realizó en 1999 una demostración del potencial de las imágenes HDRI para generar iluminación y entorno en las escenas 3D. Esto supuso una

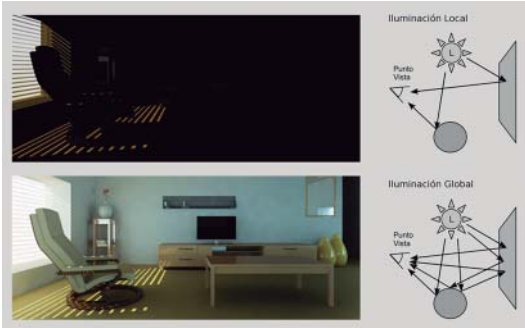


Fig 2.17 Iluminación directa (arriba) e indirecta (abajo)



Fig 2.18 Casuísticas en la reflexión y refracción producidas por el movimiento del agua



Fig 2.19 Modelos iluminados con mapas hdri en la animación Fiat Lux creada por el equipo de Paul Debevec en 1999

revolución en el sector de las CGI.

Con este sistema se consigue que el modelo encaje en su entorno, tomando de él los reflejos de luz, la variación de intensidades, creando sombras adecuadas. La imagen se prepara envolviendo el modelo con la imagen HDRI proyectando de manera envolvente la iluminación extraída de su información.

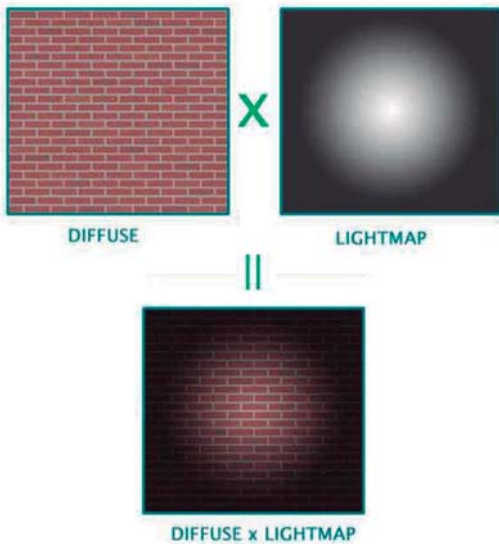


Fig 2.20 Funcionamiento de los Lightmaps

Cuando existe la necesidad de un renderizado a tiempo real, como es el caso de los videojuegos se emplea un método llamado Lightmaps, consistente en precalcular el efecto de la iluminación sobre los objetos realmente texturizados, tomar cada cara iluminada y guardar cada polígono como una textura que después será aplicada a dicho objeto. Evidentemente esto solo se aplica a escenarios y objetos físicos en los que éste no cambia en relación con la iluminación, pues llevan impresos sobre el objeto las luces y sombras calculadas al principio. Este método no se suele emplear en las imágenes para la infografía arquitectónica pero sí puede resultar útil para optimizar tiempo en la realización de animaciones.

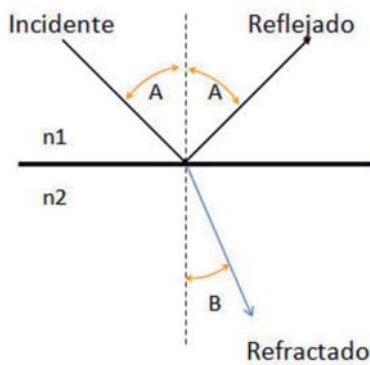


Fig 2.21 Reflexión y refracción en función de un rayo incidente

Materialidad

Los fenómenos lúminicos afectan al modelo según los parámetros seleccionados para el material que se pretende simular.

Las características que permiten la interacción entre la luz y el modelo dependiendo del tipo de material son, por ejemplo, la reflexión, la refracción.

La reflexión implica una devolución de fotones al chocar contra el objeto, siendo una reflexión menos definida en cuanto mayor sea el grado de dispersión de los fotones.

La refracción depende del ángulo con el que se distorsiona el rayo al traspasar un material. Por ello distinguimos materiales como el vidrio y el agua o el aire cuando se encuentran juntos.

Los materiales también pueden tener asociados un mapa de textura que permita imitar un material, el cual envuelve el objeto, evitando tener que representar las ínfimas rugosidades o vetas que puede representar el material.

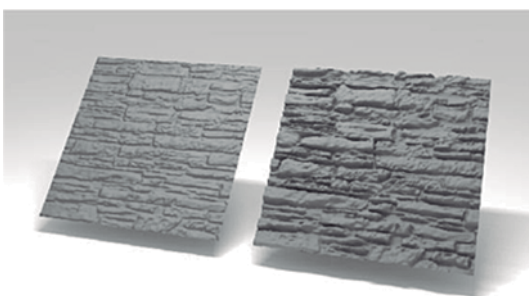


Fig 2.22 Mapa de relieve (izquierda) y mapa de desplazamiento (derecha)



Fig 2.23 Iluminación de una escena mediante elementos con material emisivo

Para poder representar la rugosidad de un material se utilizan mapeados de relieve. Estos mapeados actúan en función de una textura en espectro de grises, expandiendo el material hacia el exterior donde se encuentran los colores más claros y contrayéndolo en las zonas más oscuras. Se puede crear por ejemplo el efecto de un muro de fábrica sobre una superficie lisa preparando un mapeado de relieve donde las juntas sean líneas oscuras y los ladrillos queden con un tono más claro. Se emplean para representar pequeños cambios de rugosidad, pues no quedan definidos en las sombras. En el caso de que el relieve quede evidenciado por la sombra se recurre a un mapeado de desplazamiento que sí que modifica la geometría.

Otra característica de un material es la posibilidad de emitir luz. Puede ser especialmente útil para imágenes nocturnas o para simular ciertos elementos artificiales.

2.3.3. Motores de renderizado

Partiendo de conceptos básicos como éstos se preparan las escenas para ser renderizadas. Para ello utilizaremos motores de render, que son los encargados de calcular y proyectar la información de un modelo al que se le han aplicado luces, materiales, efectos, etc. El resultado es una imagen (o conjunto de imágenes) que puede ser guardada con distintos formatos.

Las funciones del motor contemplan la definición material y lumínica, pero también pueden trabajar a través de cámaras físicas que función como cámaras reales, pudiendo controlar desenfoques, apertura del obturador, tiempo de exposición...

Entre los motores de render más utilizados encontramos Mental Ray (Nvidia) que viene incorporado en multitud de plataformas de Autodesk y en otros programas de modelado como CATIA; V-Ray (Chaos Group) es el más utilizado en infoarquitectura y es aplicable a multitud de programas como una extensión.

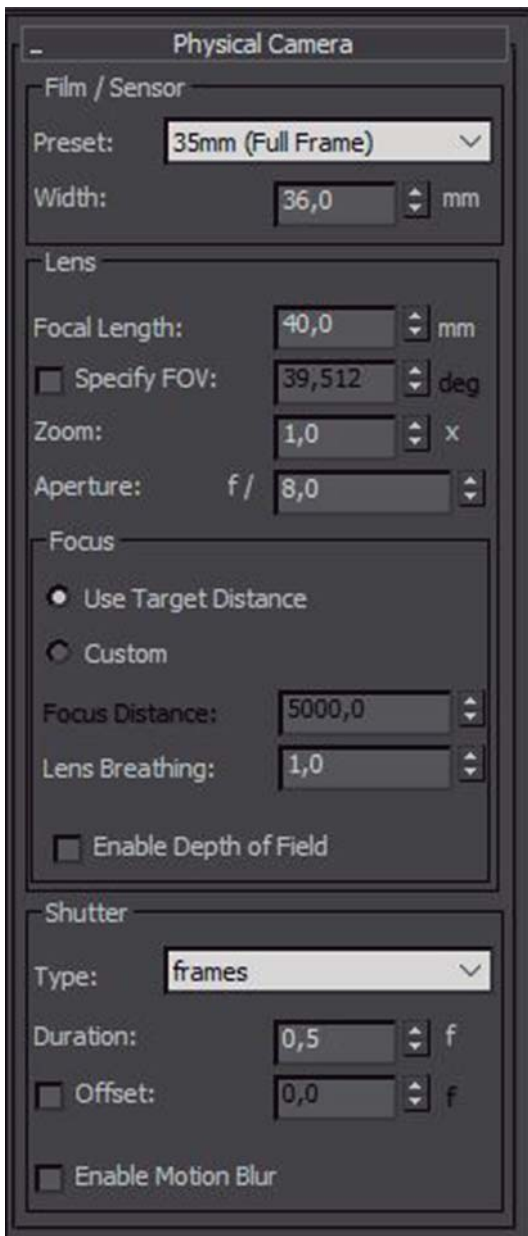


Fig 2.24 Parámetros de la cámara física del programa 3ds Max

Otros motores basados exclusivamente en la luz, sin simplificaciones, son los llamados unbiased, que alcanzan el máximo fotorrealismo pero requieren mucho más tiempo de cálculo. Entre estos últimos encontramos Fryrender (Random Control) o Indigo Renderer (Glare Technologies).

Conociendo el funcionamiento paramétrico de las aplicaciones indicadas, se puede trabajar en la confección de imágenes virtuales para simular realidad en el diseño arquitectónico.



Fig 2.25 Ejemplo de imagen renderizada con el motor Fryrender (imagen de Erwan Loison)

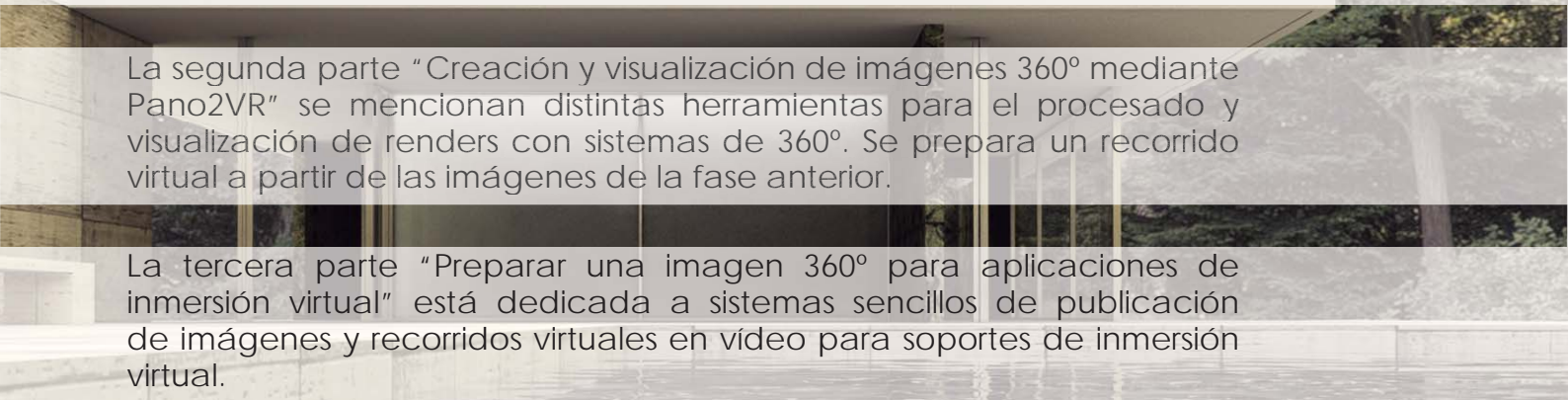


Fig 2.26 Ejemplo de renderizado del motor Hyperion Render de Disney para la película Big Hero 6 (vídeo explicativo del funcionamiento del motor: https://www.youtube.com/watch?v=4mvxkOr_UxA)



CASO PRÁCTICO

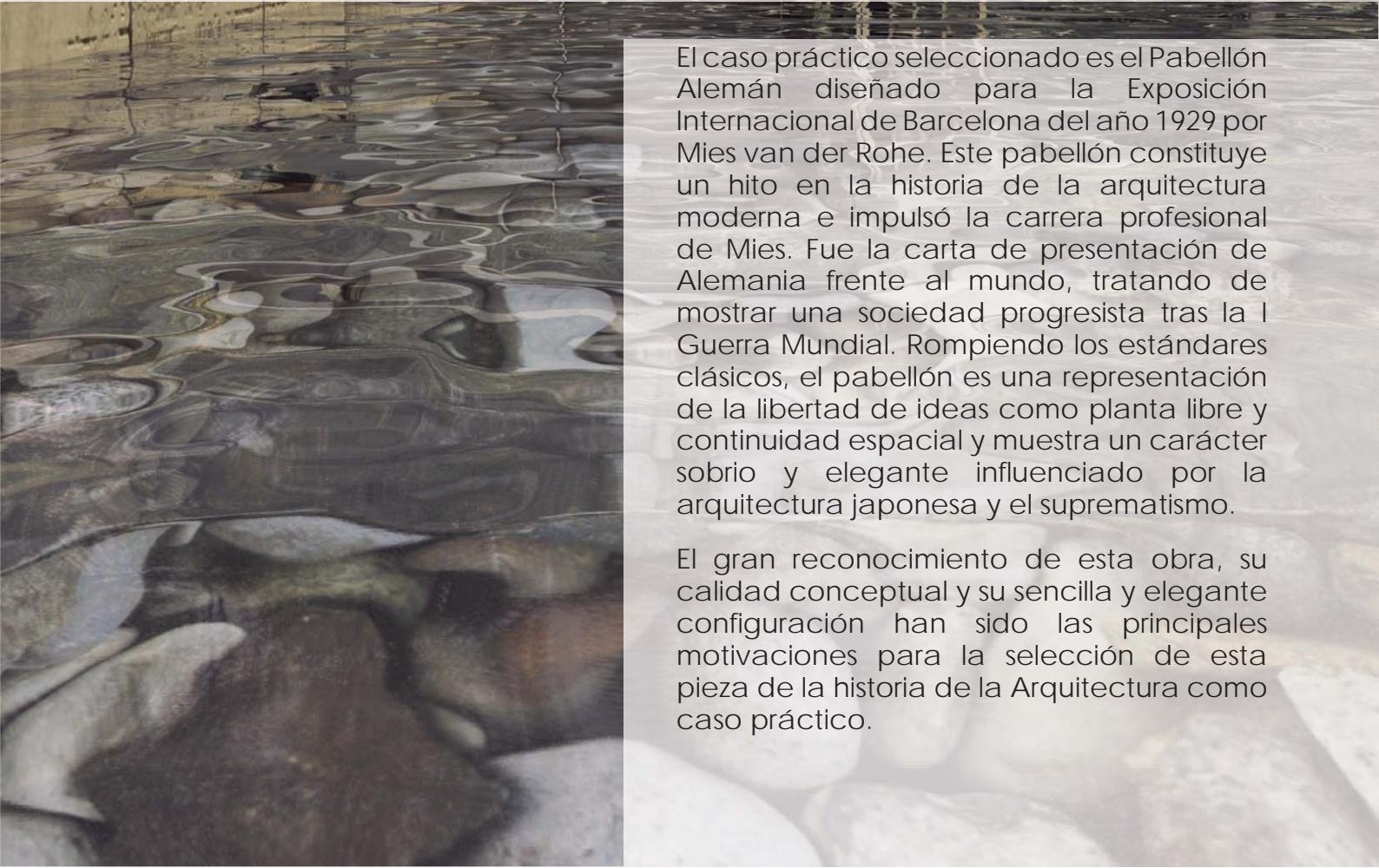
En este trabajo se desarrolla un caso práctico para mostrar cómo se realiza una imagen virtual 360° y sus posibles aplicaciones y modos de visualización. Se ha dividido el trabajo en tres partes relacionadas con cada uno de los capítulos en los que se incluye.



La primera parte "Modelo y renderizado del Pabellón Alemán de Barcelona" trata sobre la configuración de la escena y pruebas de renderizado para conformar la base de lo que será la imagen 360°, siguiendo un proceso desde la delineación de los planos hasta la elección de parámetros en el motor de renderizado.

La segunda parte "Creación y visualización de imágenes 360° mediante Pano2VR" se mencionan distintas herramientas para el procesado y visualización de renders con sistemas de 360°. Se prepara un recorrido virtual a partir de las imágenes de la fase anterior.

La tercera parte "Preparar una imagen 360° para aplicaciones de inmersión virtual" está dedicada a sistemas sencillos de publicación de imágenes y recorridos virtuales en vídeo para soportes de inmersión virtual.



El caso práctico seleccionado es el Pabellón Alemán diseñado para la Exposición Internacional de Barcelona del año 1929 por Mies van der Rohe. Este pabellón constituye un hito en la historia de la arquitectura moderna e impulsó la carrera profesional de Mies. Fue la carta de presentación de Alemania frente al mundo, tratando de mostrar una sociedad progresista tras la I Guerra Mundial. Rompiendo los estándares clásicos, el pabellón es una representación de la libertad de ideas como planta libre y continuidad espacial y muestra un carácter sobrio y elegante influenciado por la arquitectura japonesa y el suprematismo.

El gran reconocimiento de esta obra, su calidad conceptual y su sencilla y elegante configuración han sido las principales motivaciones para la selección de esta pieza de la historia de la Arquitectura como caso práctico.

CASO PRÁCTICO

PARTE I

Modelo y renderizado
del pabellón alemán
de Barcelona



Como ya se ha explicado con anterioridad, la base de las imágenes 360 depende plenamente de la preparación del modelo, el empleo de la luz y de las texturas para realizar el renderizado.

En este apartado se realizarán los primeros trabajos para componer la escena que servirá de base para las imágenes y recorridos virtuales 360°.

La elaboración del render consta de los siguientes pasos:

1. Elaborar un modelo 3D a partir de un diseño o un desarrollo 2D.
2. Aplicación de materiales y luces a la escena.
3. Renderizado.
4. Trabajo de postproducción.

Previamente se realiza una investigación histórica sobre el modelo a realizar. Tras el evento realizado en 1929, el pabellón, que fue concebido como una obra temporal, fue desmantelado. Las dificultades económicas que sufría el estado alemán en tras la I Guerra Mundial no permitieron preservarlo, a pesar de que muchas personalidades del mundo de la cultura lo solicitaron.

Sin embargo el gran reconocimiento que se dio a esta obra impidió que cayese en el olvido y en 1954, el arquitecto catalán, Oriol Bohigas propuso la idea de reconstruir el edificio en su antiguo emplazamiento. En 1983 se materializó la idea y la reconstrucción quedó a cargo de Ignasi de Solà-Morales, Cristian Cirici, Fernando Ramos y Ana Vila. Basado en los planos originales, el pabellón actual está ligeramente modificado por motivos de funcionalidad.

El plano tomado para la delineación inicial está tomado de la página oficial de la entidad que gestiona el pabellón. A partir de este se ha generado el modelado y preparado la escena.

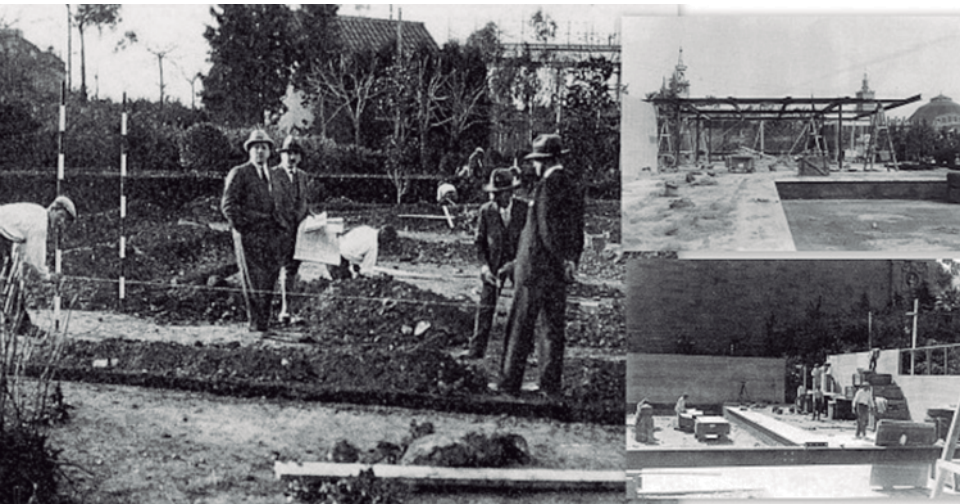


Fig 2.27 Visita de Mies durante construcción del pabellón en 1929

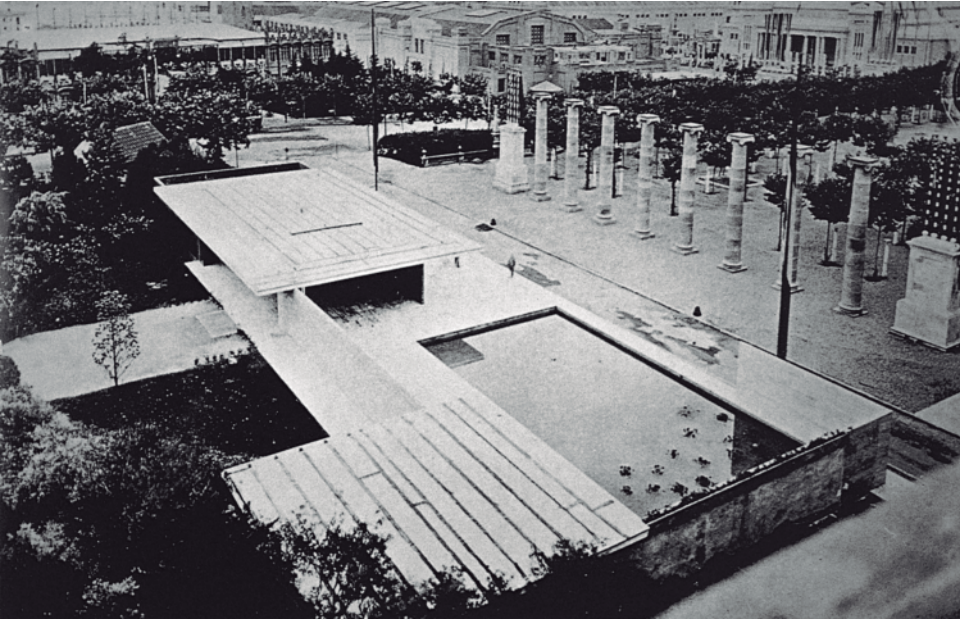


Fig 2.28 Vista aérea del pabellón en 1929

PASO 1 – EL MODELO 3D

Partiendo de las plantas y alzados del pabellón se construye un modelo completo del pabellón. Al tratarse de una obra fundamentalmente ortogonal se ha procedido a la delineación y el modelado en el programa Autocad.

Se ha tomado la decisión de no modelar el entorno al no tener disposición de imágenes panorámicas de este para conseguir el realismo adecuado.

Se dedica una capa a cada material existente en la escena.



Fig 2.29 Alzado del pabellón

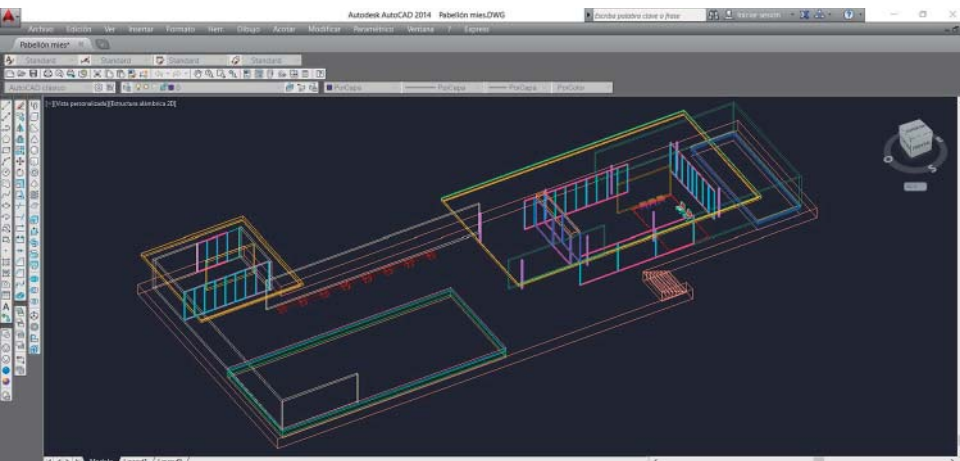


Fig 2.30 Modelo 3D levantado a partir de los planos originales de la reconstrucción del pabellón de 1983

PASO 2 – APLICACIÓN DE MATERIALES Y LUCES EN LA ESCENA

Para trabajar cómodamente y conseguir los resultados deseados se ha decidido trabajar con el motor de renderizado V-Ray aplicado en 3ds Max.

Desde 3ds Max se importa el objeto preparado para la escena.

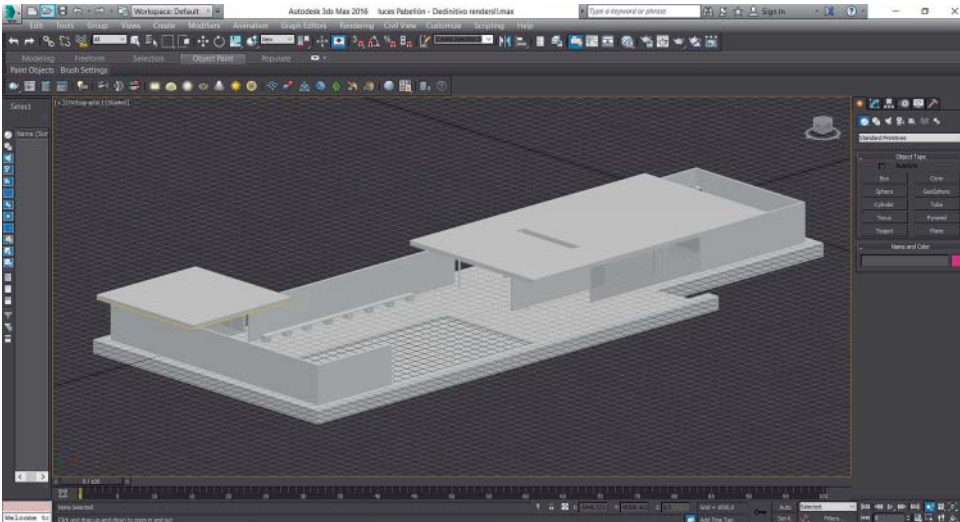


Fig 2.31 Modelo importado a 3ds Max

Se decide trabajar con luz basada en un mapa HDRI. El empleo de esta iluminación integra el modelo en el entorno, produciendo un mayor realismo. Esta luz permite representar una imagen de fondo que utilizaremos para representar el entorno. Al no disponer de imágenes reales se ha decidido preparar la escena en un entorno natural idílico, el claro de un bosque. Este entorno proporciona una sensación de tranquilidad alejada de ruidos. En el proyecto original, se propuso a Alemania colocar su pabellón en el eje de la exposición, cerca de la Font Màgica, pero Mies decidió colocarlo en su actual posición para alejarse del ruido, proyectando un espacio de calma y meditación.



Fig 2.32 Prueba de iluminación y entorno sin materiales aplicados

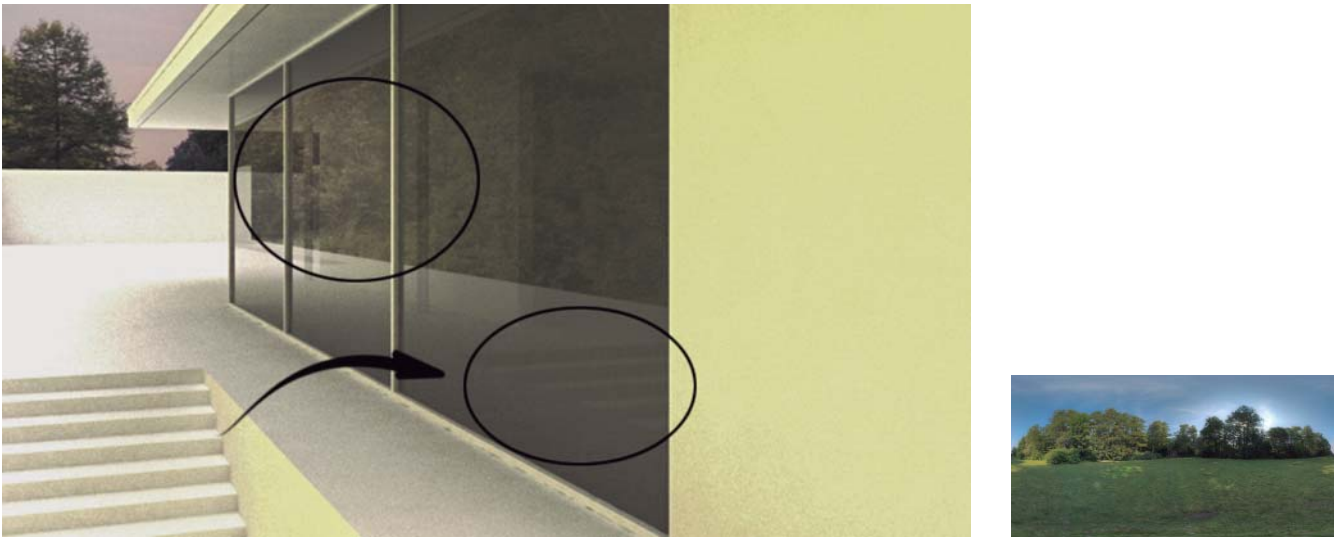


Fig 2.33 Pruebas de reflexión en tanto del modelo como del mapa HDRI sobre un mapa ligeramente reflectante. Mapa HDRI empleado (derecha)

Se comienza a trabajar con materiales, creando los distintos mármoles a partir de texturas reales y mapas de relieve, con un suave grado de reflexión difusa. Se crea un material de acero cromado ligeramente satinado. Se cuadra el dibujo del pavimento con respecto a las dimensiones reales de la baldosa. Se crea también materiales con alta refracción: vidrios transparente, vidrios traslúcidos y el agua.

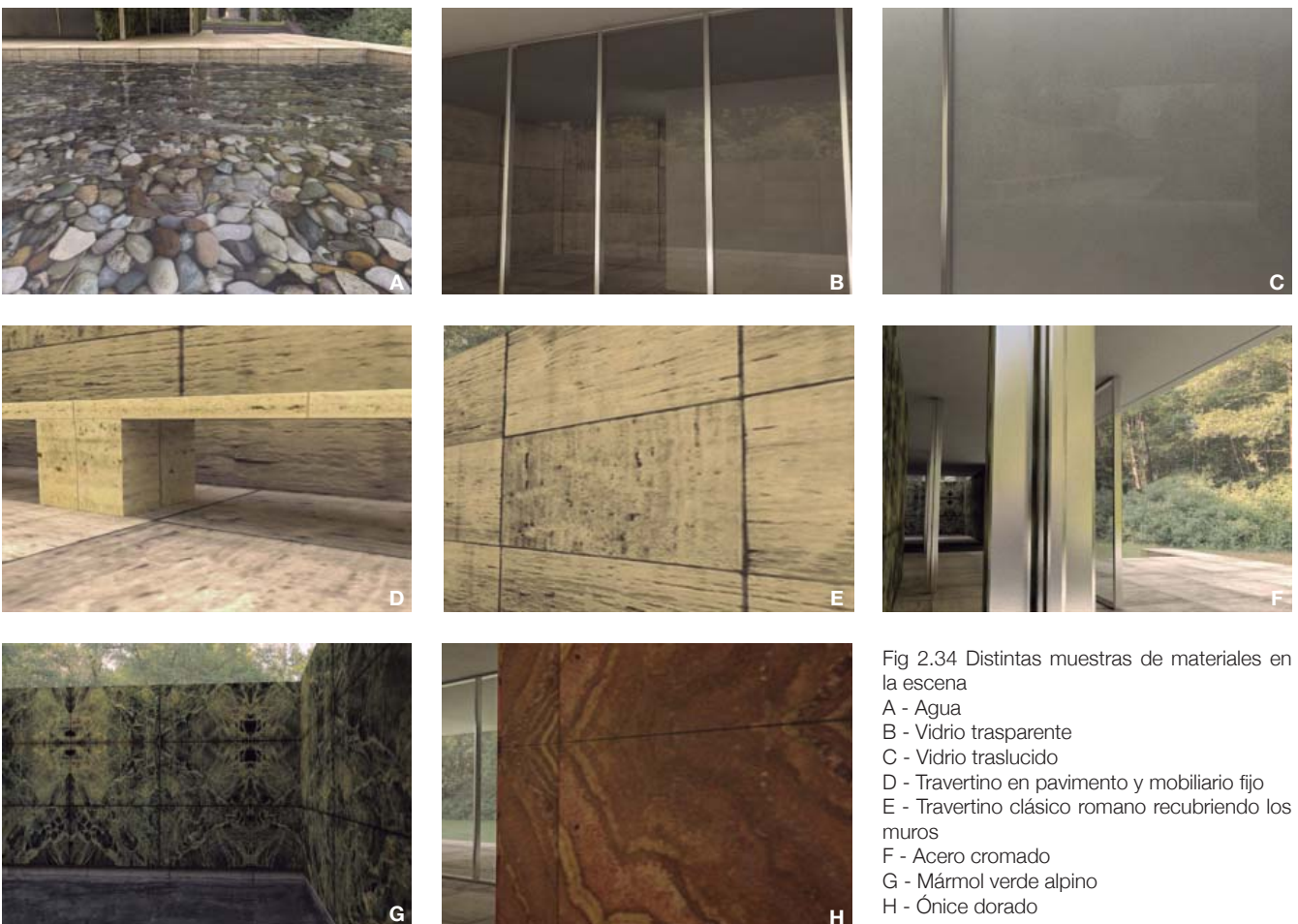


Fig 2.34 Distintas muestras de materiales en la escena
 A - Agua
 B - Vidrio transparente
 C - Vidrio traslucido
 D - Travertino en pavimento y mobiliario fijo
 E - Travertino clásico romano recubriendo los muros
 F - Acero cromado
 G - Mármol verde alpino
 H - Ónice dorado

PASO 3 – RENDERIZADO

Una vez se han aplicado todos los materiales y se ha ajustado la cantidad de luz que se quiere en escena se colocan cámaras físicas en puntos estratégicos para generar las perspectivas. Se decide el campo de visión de estas y se ajustan sus propios parámetros.

Finalmente, se ajustan los parámetros de salida de V-Ray y se generan las imágenes.



Fig 2.35 Vista exterior



Fig 2.36 Vista interior

PASO 4 – TRABAJO DE POSTPRODUCCIÓN

Si es necesario ajustar o añadir elementos de la imagen una vez renderizada, se acude a programas de procesamiento de imagen como Photoshop para realizar los últimos ajustes.

La escena queda de este modo preparada para el siguiente capítulo práctico. Será la base para construir las imágenes 360°.



CAPÍTULO 3

IMAGEN 360° NO INMERSIVA

Como hemos visto, a lo largo de la historia el hombre ha buscado transmitir del modo más extenso y realista que ha podido la información visual de otros lugares. La curiosidad del ser humano ha llevado a evolucionar las técnicas para poder alcanzar una representación más fiel y gracias a las CGI (computer-generated imagery o imágenes generadas por computadora) se ha investigado en nuevos campos de representación.

Gracias al abrumador crecimiento de la industria del videojuego y al empleo de estudios informáticos en el mundo del cine, la investigación en los campos de la representación gráfica avanza en la resolución de renderizados a tiempo real y animaciones que trabajan en entornos de realidad.

La representación arquitectónica y urbanística ha tomado de estas investigaciones la capacidad de representar recorridos virtuales con un grado mayor o menor de libertad. Dependiendo del sistema de visualización que se pretende utilizar las metodologías de trabajo difieren.

3.1. Recorridos virtuales

Actualmente la representación de la arquitectura presenta nuevos formatos y nuevos soportes con los que exponer las ideas resulta más sencillo e intuitivo. Se puede mostrar un proyecto de modos más interactivos, más intuitivos y más efectivos para el espectador.

Presentar un diseño a partir de su recorrido permite sugerir al espectador una continuidad, siguiendo una línea lógica mediante la cual queda representada gran parte del proyecto. Para comprender distintas opciones en cuanto a recorridos virtuales se han dividido en no interactivos e interactivos, considerando interactividad la capacidad de responder al usuario por parte de las computadoras.

Formatos no interactivos

Los conforman los vídeos tradicionales y las secuencias de imágenes fijas. Consisten en visualizar imágenes en un orden concreto, donde únicamente la intención del proyectista influye mediante puntos de interés.

Se pueden configurar recorridos muy sencillos mediante presentaciones de diapositivas que cuenten con diversas infografías en un orden lógico que permita la comprensión del proyecto. Las imágenes se preparan mediante cualquier software CAD o BIM y se renderizan a través de un motor render. Una vez con estas imágenes se prepara una presentación mediante herramientas ofimáticas de uso sencillo como pueden ser Microsoft Office PowerPoint (Microsoft), Apache OpenOffice Impress (Sun Microsystems) o Prezi.

Algo más complejo de elaborar puede resultar los vídeos. Suites 3D como 3ds Max o programas de modelado 3D como SketchUp o Rhinoceros cuentan con herramientas de animación mediante las que se puede generar fotograma a fotograma cada una de las imágenes del vídeo, pudiendo alcanzar un resultado fotorrealista, pero requiere una gran cantidad de tiempo o una gran cantidad de recursos para optimizar el trabajo entre varios equipos.



Fig 3.1 Soporte de realidad aumentada, consistente en añadir información virtual al mundo real. En la imagen, virtualización de un modelo 3D adjunto a planos físicos.

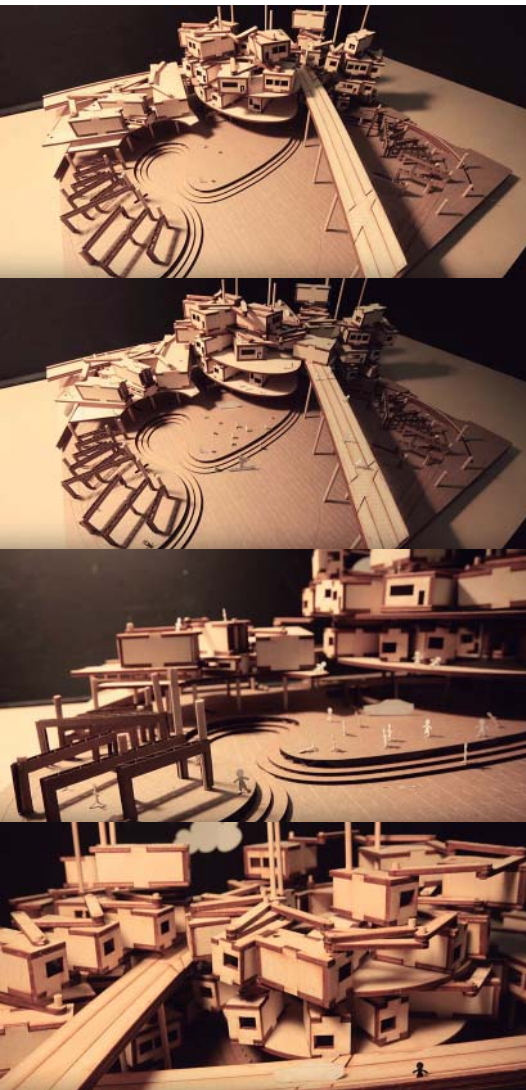


Fig 3.2 El Stop Motion es una interesante técnica para representar recorridos mediante vídeos no interactivos.
Autores: Anlan Chen & Xiaonan Wang



Fig 3.3 Imágenes generada a partir del programa Twinmotion. Se puede generar un vídeo a partir del modelo.

Una alternativa sencilla para crear este tipo de vídeos es utilizar programas de renderizado a tiempo real como son Lumion o Twinmotion. Estos motores optimizan el tiempo de renderizado mediante texturas precargadas y cálculos simplificados de la iluminación, por lo que pueden centrar el foco de trabajo en menos tiempo. Estas aplicaciones constan de herramientas muy sencillas para realizar mínimas modificaciones a modelos importados, que deben ser generados en otras aplicaciones de modelado 3D, y se centran en la preparación de texturas e iluminación, junto con la carga de elementos decorativos en la imagen. Una vez preparadas las escenas, unas sencillas herramientas de cámara permiten tomar tanto imágenes fijas como secuencias mediante la consecución de fotogramas, prepara. En las tomas de vídeo se incluyen movimientos y atmósfera propia de cada programa e incluso vehículos y personajes realizando diversas actividades.



Fig 3.4 Nikon KeyMission 360

Formatos interactivos

Los sistemas de formato interactivo permiten una mayor libertad del espectador. Este puede interactuar con el soporte para "navegar" a través del recorrido. Existen varios grados de libertad, y diferentes modos de constituirlos.



Fig 3.5 Kodak Pixpro SP360 4K

La forma más básica de interactuar es visualizar una imagen 360°. Estas imágenes son capturas explorables, es decir, el observador puede revisar un campo de 360°x360° mediante una interfaz, pudiendo obtener de ella toda la su información. Según el tipo de soporte se puede interactuar mediante dispositivos como mandos o ratones, a través de pantallas táctiles o, como veremos más adelante, en función a sensores de movimiento y ubicación del dispositivo.

Las imágenes 360° pueden ser fotografías reales tomadas con dispositivos especiales con software automático de cosido como la cámara Nikon KeyMission 360, la HumanEyes Vuze o la Kodak Pixpro SP360 4K. Pero también pueden ser fotografías tomadas con cámaras estándar, cosidas de manera manual o semimanual mediante procesadores de imagen más habituales.

También se pueden desarrollar CGI de 360° con las técnicas de renderizado anteriormente descritas que permitan controlar “cámaras físicas”, es decir, cámaras virtuales con parámetros de la óptica y fotometría real. Una cámara física en un programa puede adquirir una óptica ideal en la que sea capaz de captar en una única imagen y sin necesidad de cosidos los 360°x360° de la escena sin restar por ello calidad ni realismo a la imagen. Del mismo modo, como se ha explicado antes, si se dispone del tiempo o recursos suficientes se puede generar, fotograma a fotograma un vídeo 360°, explorable como la imagen fija pero a lo largo de todo su recorrido. A los renders obtenidos se les aplica una serie de metadatos o se aplicaran sobre un lienzo cúbico o esférico preparándolos para un soporte especializado. Se desarrollará este tema en el apartado práctico del capítulo.

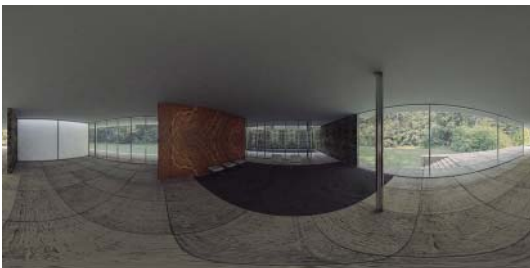


Fig 3.6 Imagen 360° desplegada

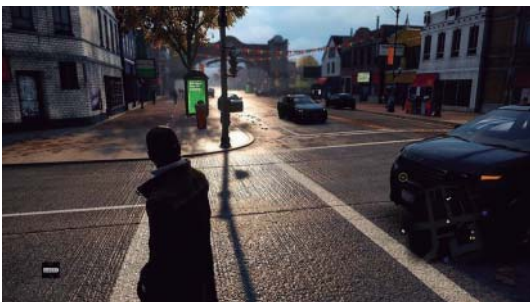


Fig 3.7 Recorridos libres en el sector del videojuego

Con una única imagen se puede expresar un recorrido, marcando claramente una línea de movimiento que seguir visualmente. Para seguir un recorrido se pueden unir varias de estas imágenes 360°, creando visitas virtuales con imágenes fijas. Estas visitas virtuales constan de las imágenes fijas explorables y una interfaz que mediante puntos enlazan una imagen con otra. A su vez se puede añadir información textual y visual complementando las imágenes.

Un paso más allá en la interactividad son los recorridos libres. El formato que presentan desde hace décadas los videojuegos está siendo adaptado al mundo de la arquitectura gracias a los nuevos motores de videojuegos del mercado. La libertad en un entorno virtual permite seguir caminos libres, explorar escenas y observar detalles en cualquier punto habilitado de la escena.

Una forma de recorrer de esta forma la arquitectura es a través del espacio de trabajo de programas de renderizado a tiempo real. Con los programas anteriormente mencionados (Lumion, Twinmotion...) se puede navegar por la escena libremente de forma sencilla, como si se pilotase un dron. La desventaja de este método es que no se pueden introducir parámetros a los objetos, por lo que el punto de vista no es realista (se traspasan todos los materiales y el suelo) y se requiere el propio programa para ser visualizado.



Fig 3.8 Recorrido libre creado mediante el motor de videojuegos Unreal Engine. Imágenes captadas de un video demostrativo en el que se presenta el proyecto de un apartamento en Londres.

Existen aplicaciones especializadas, motores de videojuegos con los que se pueden controlar estos parámetros, programando que el recorrido se realice desde el punto de vista de un ser humano, con la altura correcta y las restricciones físicas del mundo real (gravedad, solidez de materiales...), pudiendo también programar objetos interactivos como puertas, elevadores, interruptores... Programas como Unity (Unity Technologies) y Unreal Engine (Epic Games) permiten desarrollar aplicaciones para distintas plataformas como videoconsolas, dispositivos móviles (Android, iOS, Windows Phone...), cualquier sistema operativo de PC y los nuevos dispositivos de realidad virtual. El problema de estas aplicaciones reside en la complejidad de su uso y la necesidad de conocer lenguajes de programación como C, C++ o C#.

Y más allá existen los sistemas de Realidad Virtual de los que hablaremos en el siguiente capítulo, y que permiten diferentes formas de interactuar con la realidad generada mediante ordenador.

3.2. Ventajas y desventajas de las imágenes 360°

Como hemos visto las imágenes 360° son elementos muy útiles para expresar ideas y diseños en soportes digitales. Pueden emplearse tanto de forma única como juntando varias de ellas, con lo que conseguimos distintos efectos.

Se preparan tanto a partir de fotografías reales como renders generados por ordenador y son fáciles de realizar, pues no requieren conocimientos en programación, pudiéndose desarrollar a partir de programas ampliamente utilizados en el mundo de la arquitectura.

Al tratarse de infografías arquitectónicas preparadas con motores de renderizado, se alcanzan resultados fotorrealistas que se pueden visualizar mediante cualquier dispositivo digital, con herramientas especializadas gratuitas o a través de exploradores. También son insertables en algunas redes sociales y reproductores en línea como Facebook y Youtube.

No requieren equipos con grandes prestaciones para visualizarlas y, pese a ello, permiten distintos grados de interactividad mediante archivos livianos y fáciles de mover.

Existen herramientas específicas para trabajar a partir de renders con las que se pueden generar tanto vídeos como recorridos virtuales a partir de las imágenes 360°. Y se pueden incluir etiquetas y anotaciones para completar información.

Además su uso ya está ampliamente extendido y la sociedad se ha familiarizado con su control intuitivo. Estas imágenes son aplicables a muchos sectores y permiten a las empresas mostrar con detalle sus productos.

Por contra no se puede alcanzar la máxima interactividad con ellas ni permiten libres recorridos, pues se trata de imágenes fijas.

También se debe tener en cuenta que el cosido de fotografías reales realizadas con cámaras estándar es complejo y los resultados pueden no ser los deseados.

3.3. Aplicaciones de las imágenes 360°

La imagen 360° se emplea ya en multitud de sectores, desde ingenierías, arquitectura, diseño gráfico y desarrollo de videojuegos hasta la medicina y el turismo. Se trata por tanto de una herramienta versátil implantada en el seno de las nuevas tecnologías cuyo desarrollo se encuentra en auge. Las empresas y los equipos creativos todavía la utilizan como marca distintiva frente a la competencia, pero probablemente en un futuro cercano se haya convertido en una herramienta de uso habitual.

Con un uso cada vez más cotidiano, el sector turístico y hostelero utiliza los recorridos virtuales basados en fotografías 360° como reclamo y garantía de calidad. El mundo de la cultura también utiliza estos sistemas para acercar distintas exposiciones de la red de museos del Estado a los espectadores.

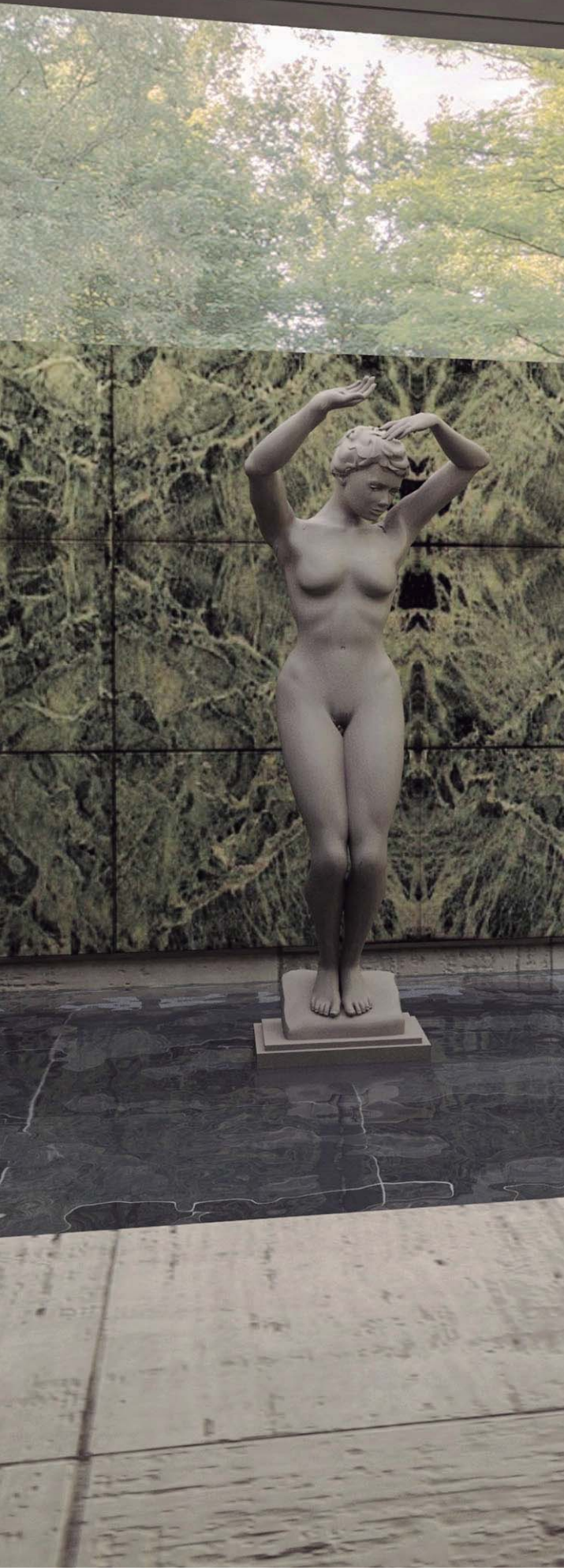
El sector de la construcción aprovecha esta tecnología para mostrar diseños a sus clientes y del mismo modo actúan ciertos sectores industriales. Las imágenes 360° son herramientas que facilitan la comprensión del espacio y agilizan la comunicación entre sus usuarios.



Fig 3.9 Visita virtual promocionadas por el Ministerio Educación, Cultura y Deporte del Museo Sefardí de Toledo.



Fig 3.10 Uso de los recorridos 360° para catálogo de productos de la marca Klein. Autor: Berga&González arquitectos



CASO PRÁCTICO

PARTE II

Creación y
visualización de
imágenes 360°
mediante Pano2VR



Partiendo de la escena base creada en el capítulo anterior, procedemos a crear la imagen 360°.

En primer lugar tenemos que adaptar la cámara a un campo de visión que abarque todo el entorno. Para captar imágenes de 360° se requieren dispositivos especializados para tomar instantáneas, compuestos por varios objetivos que ajustan los grados de exposición y nivelan la iluminación general. En cambio, en las imágenes virtuales la cámara trabaja como un único objetivo que capta la escena con una proyección continua.

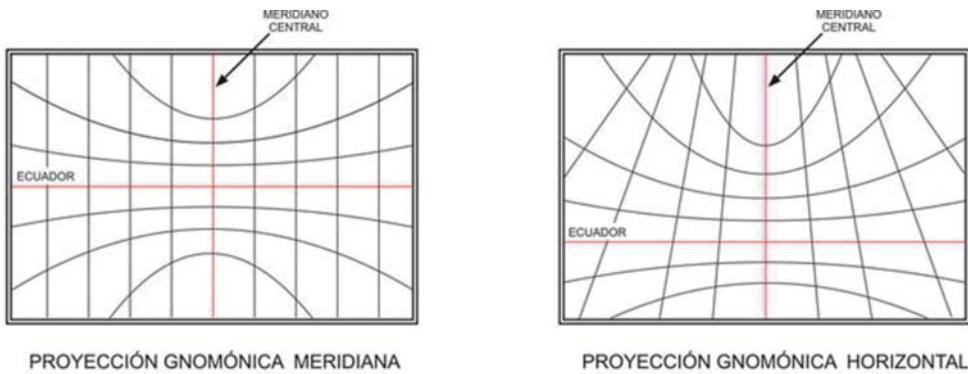


Fig 3.11 Una forma de representar una proyección de 360°x360°, es decir, esférica, en un plano es mediante la proyección gnomónica. Estas proyecciones producen una deformación en la imagen debido a que la esfera descompuesta queda "estirada" para acoplarse al plano rectangular. La deformación queda ser representada en meridianos

En esta ocasión se colocaran las cámaras físicas teniendo en cuenta puntos interesantes para enlazar las imágenes en un recorrido virtual intuitivo.

Para adaptar estas cámaras físicas a una proyección 360°, accederemos desde el menú de propiedades del motor de renderizado a la pestaña V-Ray y desde ésta al submenú Camera. Desde aquí modificamos el tipo de cámara a Spherical y marcaremos Override FOV con un valor de 360.

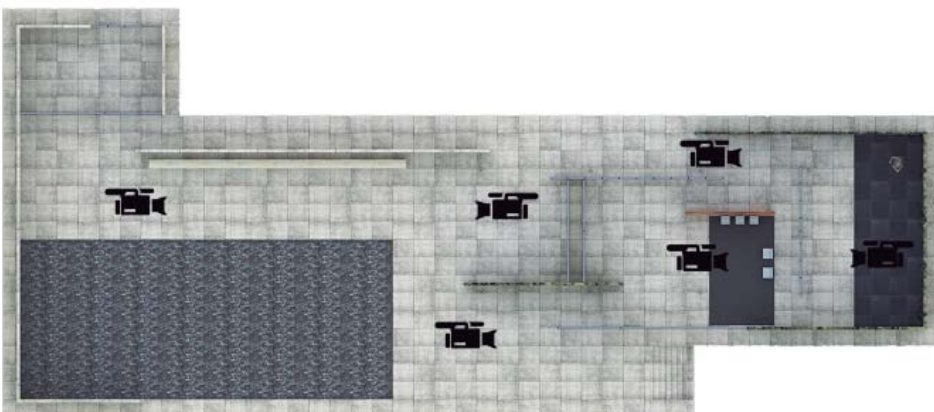


Fig 3.12 Posicionamiento de las cámaras en la escena

Para que el siguiente programa que utilizaremos procese correctamente la imagen debemos ajustar que el tamaño de salida mantenga una relación 2:1, manteniendo siempre un ancho igual a dos veces el alto de la imagen. Con esto extraemos las imágenes para procesar en el siguiente programa.



Pano2VR

En este caso práctico utilizaremos el programa Pano2VR, de Garden Gnome Software, para convertir las imágenes en elementos interactivos.

Este programa aplica la imagen al interior espacio cúbico o esférico en el centro de cuyo espacio se sitúa el espectador. El sistema de funcionamiento se asimila al ciclorama de Barker.

Se importa una imagen al programa y este directamente lo aplica al cubo. Se puede previsualizar la imagen, modificar el punto inicial de visualización, e insertar información visual y sonora.

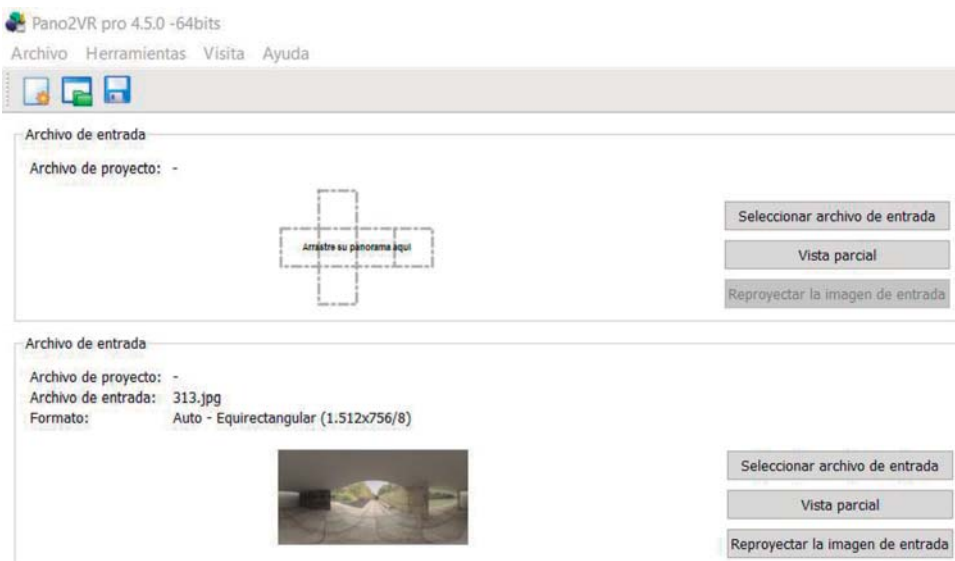


Fig 3.14 Importación del archivo a Pano2VR

Para generar un archivo final se puede elegir entre 4 formatos: flash, HTML5, QuickTime y Transformación. Para visualización en línea se utiliza habitualmente el formato HTML, pero para archivos locales emplearemos Flash o QuickTime.

Dentro de los parámetros de salida de la imagen debemos seleccionar el tamaño de caras del cubo, en función al tamaño de nuestra imagen así como el tamaño de la ventana con la que podremos visualizar el archivo. También podemos incluir una interfaz de navegación (en la que podremos añadir varios elementos) y decidir el control de navegación en la imagen. Como utilidad añadida, se puede generar un archivo extra HTML para compartir el recurso en línea.

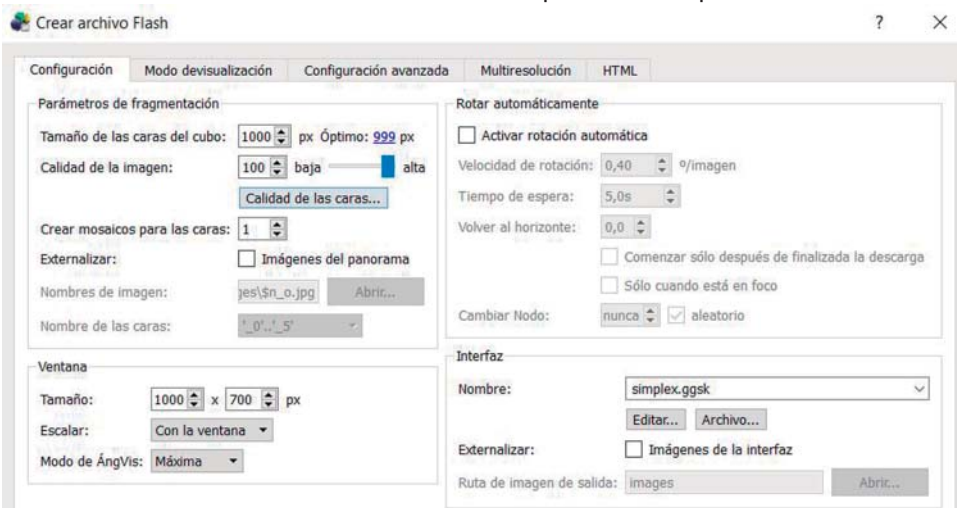


Fig 3.15 Configuración de salida. En este menú se selecciona la resolución, el tamaño de ventana y la interfaz con la que navegar

Con todo esto extraemos una primera imagen 360°. Para visualizar en cualquier equipo podemos utilizar una aplicación gratuita de Adobe, el Flash Player Projector. Desde esta sencilla aplicación podemos abrir el archivo flash (.swf) y explorar la imagen 360° con el ratón.

En dispositivos móviles con SOs como Android, iOS o Windows Phone podemos encontrar fácilmente aplicaciones que reproduzcan los archivos Flash o QuickTime y a través de las pantallas táctiles podremos navegar por la escena.



Fig 3.16 Imagen 360° visualizada en un dispositivo Android mediante un reproductor de archivos Flash (.swf)

RECORRIDOS VIRTUALES

Con Pano2VR también podemos generar recorridos virtuales interactivos. Éstos se crean a partir de enlaces entre varias imágenes 360°, mediante los denominados “puntos calientes” o *hotspots*. Cuando cargamos varias imágenes en el programa se pueden introducir estos puntos, abriendo un diálogo en el que se puede incluir una zona de interacción que mediante una URL enlaza la imagen en la que situamos el punto con una imagen cargada. El punto puede situarse en cualquier lugar, lo que permite hacer más intuitiva la navegación. Es decir, podemos colocar los puntos en puertas o espacios que separen estancias o ambientes para indicar que es a esa zona a la que nos dirigimos al seleccionar ese punto.

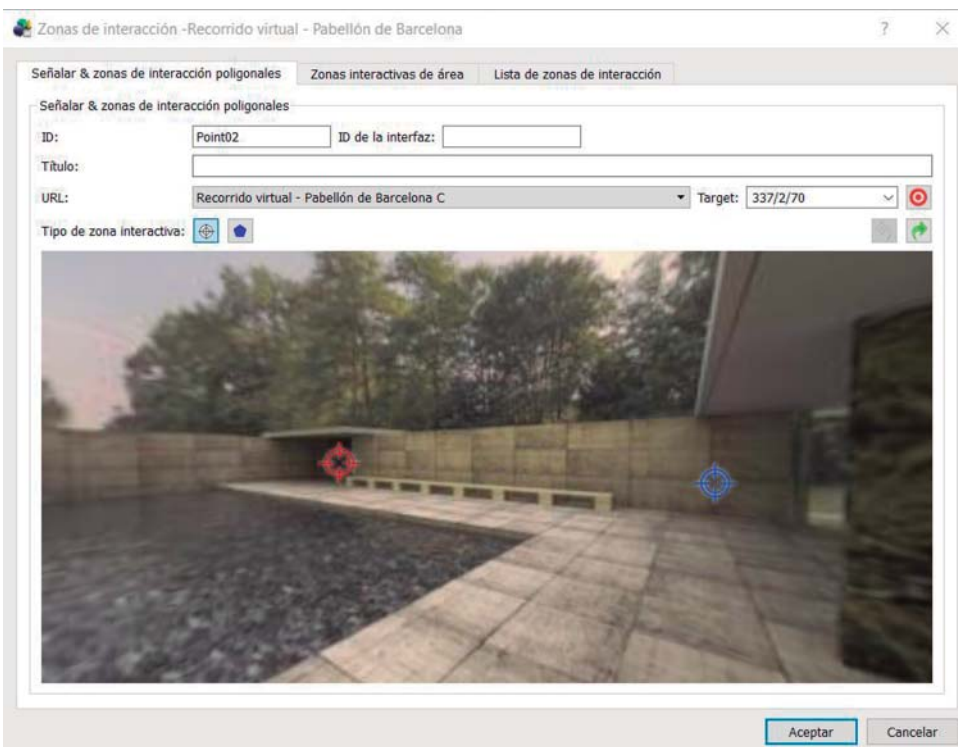


Fig 3.17 Aplicar zonas de interacción mediante *hotspots* o polígonos de interacción



Fig 3.18 *Hotspots* en la imagen 360°

Una vez enlazados todos los puntos en el recorrido, se genera el archivo final del mismo modo que una única imagen. Por tanto, se podrá reproducir con las mismas aplicaciones, ya sea en un ordenador o en un dispositivo móvil.

Se puede crear, de manera alternativa, un recorrido virtual con menor grado de interacción pero más sencillo de conformar y compartir, a través de videos. Este sistema no permite interactuar con el entorno para decidir el destino del usuario, pero si permite explorar el entorno.

Consiste sencillamente en generar un pase de diapositivas con cualquier editor de vídeo, utilizando las imágenes que se preparan para 360°. Una vez creado el vídeo, se insertan una serie de metadatos al vídeo que ciertos reproductores reconocen y se puede visionar el vídeo pudiendo explorar cada imagen.

Elreproductor en línea Youtube permite esta clase de visionados y en su apartado ayuda, explica detalladamente como subir un vídeo 360°, aportando los metadatos a inyectar en el vídeo.

Algunos reproductores de vídeo permiten visualizar vídeos 360°.

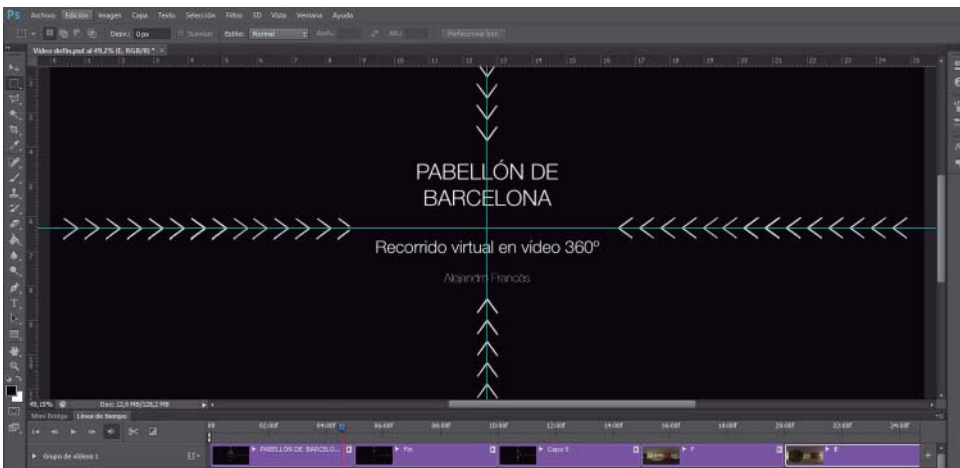



Fig 3.19 Vídeo generado a partir de la herramienta Línea del tiempo de Photoshop



CAPÍTULO 4

REALIDAD VIRTUAL APLICADA A LAS IMÁGENES 360°

A partir de las primeras ideas inmersivas de Robert Barker, el ser humano ha perseguido la representación de un imaginario generando una realidad alternativa, una herramienta que permitiese sumergirse en parajes exóticos o formativos explorables en los que experimentar sensaciones cercanas a la realidad.

La actualidad de este tema está en plena ebullición; cada día aparece una nueva aplicación o *gadget* con el que nos aproximamos más a un entorno de realidad virtual. En este capítulo haremos una breve recopilación de eventos relacionados con este campo, así como una relación entre el objeto 360° y el desarrollo de entornos virtuales.

4.1. Definición de Realidad Virtual

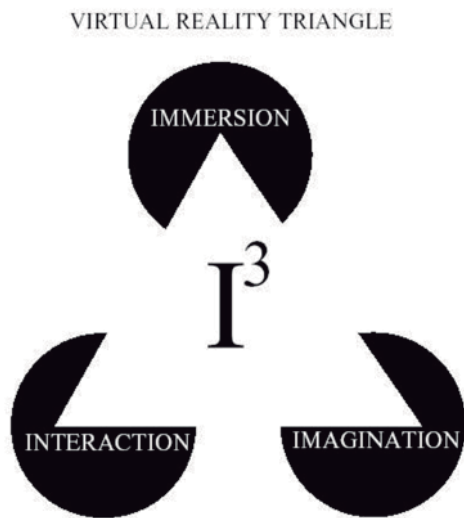


Fig 4.1 Las tres íes de la realidad virtual

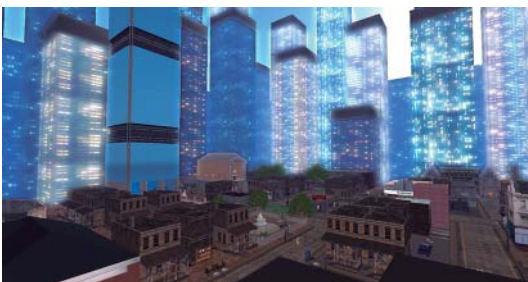


Fig 4.2 El mundo virtual 3D (2003) es un ejemplo de realidad virtual no inmersiva. Los usuarios son avatares que se pueden relacionar con otros, moverse e interactuar con el mundo, realizar viajes e incluso participar en su economía

Según Aukstakalnis (1992), la realidad virtual trata sobre la interactividad y la visualización entre humanos y computadoras a través de información extremadamente compleja. Es un sistema que pretende simular percepciones sensoriales para asemejarlas a la realidad. Para ello es necesario implicar una interfaz que simule situaciones a tiempo real y con capacidad de interacción de modo que el tiempo de reacción hombre/máquina quede reducido al mínimo.

El termino realidad se asocia a este concepto debido a la estrecha relación que mantiene con el mundo físico mediante a la influencia mutua y a la entidad artística que implica el hecho de ser objeto creado por una o varias personas.

Se considera que la realidad virtual completa debe enmarcar los conceptos inmersión, interacción e imaginación. Inmersión debido a que se deben percibir únicamente los estímulos del mundo virtual. Interacción por la capacidad de introducir información mediante dispositivos para recibir una respuesta a través de los sentidos. E imaginación por el hecho de percibir realidades que no existen.

Se puede trabajar en campos con mayor o menor grado de inmersión e interactividad. Como ejemplo de realidad virtual no inmersiva encontramos los videojuegos en los que se maneja un avatar en un mundo abierto a través de dispositivos de entrada y salida sencillos, como pantallas estándar, ratones y teclados. Este sistema únicamente permite percibir señales visuales y sonoras, pero no se abandona plenamente el entorno real.

En un entorno completo de realidad virtual, el usuario debe encontrarse dentro del entorno virtual, con un punto de ubicación mediante el que pueda tener una referencia de dónde se encuentra. Puede navegar a través del mundo virtual y modificar e interaccionar el medio.

El sistema de realidad virtual consta de diversos elementos:

- Un motor de realidad programado para crear el mundo virtual.
- Dispositivos de entrada y salida de datos. Se pueden introducir datos a través de ratones, lápices, reconocimiento de posición, guantes hápticos y se puede extraer información visual, sonora, táctil e incluso olfativa.
- Lenguaje y sistemas para implementar las interfaces de los distintos mundos virtuales.
- Bases de datos con objetos y propiedades.

Y se puede clasificar los mundos virtuales en tres tipos:

- Mundo real. La lógica y las posibles interacciones equivalen la realidad.
- Mundo fantástico. Se adquieren capacidades irreales como volar, súper velocidad, atravesar paredes y aptitudes sobrehumanas.
- Mundo inerte. No se puede interaccionar con el sistema ni mover objetos. El usuario tan solo percibe el entorno y puede explorarlo.

Este último tipo está directamente relacionado con las imágenes 360°, y será desarrollado en el tercer apartado del caso práctico.

4.2. Breve reseña histórica

La realidad virtual comenzó sus andaduras en 1838, cuando Sir Charles Wheatstone creó el estereoscopio para visualizar una serie de dibujos en tres dimensiones, a partir de dos imágenes que diferían el punto del cual eran tomadas. Ambas imágenes, captadas cada una a través de un ojo, eran mezcladas en el cerebro creando el efecto tridimensional. Este rudimentario aparato logró simular un aspecto perceptivo de la realidad, cumpliendo el primer punto de la realidad virtual.



Fig 4.3 Dispositivo de entrada DHM (Dexterous Hand Master). Sistema de seguimiento de movimientos mecánico



Fig 4.4 Prototipo de dispositivo de entrada Omni, encargado de trasladar la dirección y velocidad de los pasos del mundo real a los mundos virtuales

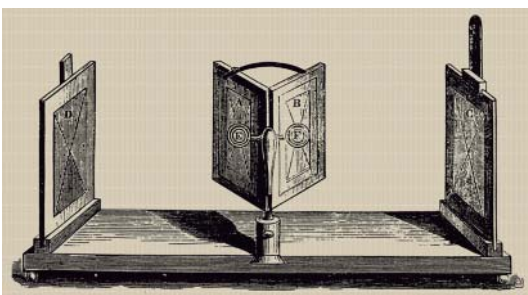


Fig 4.5 Estereoscopio de Sir Charles Wheatstone



Fig 4.6 St. Fotografía de Agen, Francia, tomada por Louis Ducos du Hauron y desfragmentada en dos canales, formando un anaglifo

En 1891 Louis Ducos du Hauron patenta el sistema de anaglifo, consistente en la sobreimpresión de relieve en imágenes en dos tonalidades (rojo y verde) creando una imagen estereoscópica que se debía visualizar aplicando un filtro que anulase uno de esos colores en cada ojo, de modo que la imagen compuesta en el cerebro se percibiese tridimensional. Esta técnica tuvo gran acogida a mediados del siglo XX en el sector del cine.

Encontramos la primera descripción de un sistema de realidad virtual en la obra de ciencia ficción de *Pygmalion Spectacles* de Stanley Weinbaum (1935):

“Te encuentras dentro de la trama, hablas a las sombras (personajes) y ellas te responden, y, en lugar de estar en una pantalla, la historia se encuentra toda alrededor tuyo”. [“You are in the story, you speak to the shadows (characters) and they reply, and instead of being on a screen, the story is all about you, and you are in it.”]

Pero el desarrollo de los sistemas de realidad virtual evolucionó a partir de 1962, cuando Morton Heilig construye el primer dispositivo multisensorial analógico, el Sensorama. Se trata de una cabina inmersiva que estimulaba el tacto, la vista, el oído y el olfato mediante una serie de dispositivos mecánicos. La simulación consistía en una serie de cortos en los que el espectador realizaba paseos en diferentes vehículos, aumentados mediante percepciones sensoriales distintas.



Fig 4.7 Cartel promocional del Sensorama (1962)

Entre los años 1965 y 1966 Sutherland publica *The ultimate display*, donde describe el potencial de del realismo inmersivo de la tecnología de realidad virtual:

“El ultimate display [el dispositivo inmersivo que él describía] sería una habitación en la cual la computadora puede controlar la existencia de la materia. Una silla dispuesta en dicha habitación sería suficiente para sentarse en ella. Unas esposas situadas en esta habitación tendrían el poder de confinar al usuario, y una bala podría ser fatal. Con una programación adecuada, tal dispositivo podría ser literalmente el País de las Maravillas en el que Alicia se movía.”

Sutherland (1965, p.2)



Fig 4.8 Tron (1982) introdujo interesantes ideas sobre mundos de realidad virtual

Cabe destacar que en 1979, Andy Lippman y su grupo de investigación del MIT, desarrollaron el primer mapa interactivo – virtual, es decir, el primer recorrido virtual. El mapa permitía navegar por la ciudad de Aspen (Colorado) y consistía en vídeos que captaban de todas las calles de la ciudad tomadas desde cuatro cámaras tomadas en un camión (montadas en dos ejes) y reproducidas con una interfaz que permitía ir cambiando de calle para realizar la visita.



Fig 4.9 Mapa interactivo de Aspen (Colorado), por Andy Lippman



Fig 4.10 Sistema Vived para astronautas, desarrollado por la NASA



Fig 4.11 Dispositivo Woekbench, para trabajar con modelos tridimensionales. En la imagen, aplicación médica

En la década de los 80 el término realidad virtual se populariza gracias a la difusión de conceptos en cantidad de novelas de ciencia ficción. Es en esta década cuando se extiende un interés generalizado que promueve una importante cantidad de artículos de investigación y varios experimentos en el campo de la inmersión. En esos momentos se patentan dispositivos de entrada como guantes con reconocimiento de posición y sensores ópticos flexibles.

En 1985 la NASA desarrolló el sistema Vived, antecesor de los actuales dispositivos de salida de realidad virtual, dirigido a la instrucción de futuros astronautas.

La novela de ciencia ficción *Snow Crash*, de Stephenson (1992) incorporó el término *metaverso*. Éste hace referencia a la complejidad de que pueden adquirir los entornos virtuales, como es por ejemplo, la capacidad de funcionamiento de un mundo virtual independientemente de la cantidad de usuarios que se encuentren utilizándolo en un momento concreto o la posible interacción entre usuarios.

En la primera década del siglo XXI han aparecido áreas de conocimiento interdisciplinarias como el diseño de interacciones, experiencia del usuario, interacción humano-computadora o la computación afectiva. En ellas se estudia especialmente la comunicación entre usuario-máquina, interfaces y entornos.

Actualmente, la investigación en el campo de la realidad virtual es exhaustiva y se pretende llegar a la mayor cantidad de público a través de sectores como el videojuego y el cine. La competencia entre sectores hace que cada vez aparezcan nuevos sistemas, más prácticos y menos costosos, con los que cautivar al usuario.

Todo ello ligado a la investigación tanto por entes públicos como privados promete grandes resultados en un futuro próximo.

4.3. Actuales aplicaciones de la Realidad Virtual sobre las imágenes 360°

Entre las distintas clasificaciones de mundos virtuales hemos contado con mundos reales, fantásticos e inertes.

Para las dos primeras clases de mundo se requiere un equipo muy avanzado y complejo con el cual procesar a tiempo real el entorno virtual, así como tener en todo momento activada la comunicación entre la computadora que genera este mundo virtual y el usuario. Los sistemas de entrada y salida de información pensados para estos mundos todavía se encuentran en desarrollo, por lo que la interacción no es perfecta con los elementos del entorno virtual.

A su vez, alcanzar un máximo grado perceptivo en cualquier sistema es muy complicado, pues los sistemas hápticos aún tienen problemas para simular sensaciones como el peso y distintas sensaciones táctiles a partir del mundo virtual. En el entorno del mundo virtual fantástico es mucho más complicado alcanzar efectos de ingravidez y velocidad.

En cuanto a los grados de inmersión, alcanzar un gran realismo en efectos visuales y sonoros es relativamente sencillo, pues la tecnología tiene una larga trayectoria en el perfeccionamiento de la virtualización de estas percepciones. Tanto el sonido como la imagen envolvente se pueden lograr con equipos estándar, pero en cuanto a otras percepciones como el tacto o el olfato son muy difíciles de simular.

A pesar de ello, existen varios dispositivos experimentales con los que investigar. Un ejemplo es el HUVR, creado por investigadores de la Universidad de California, consistente en una máquina que crea una imagen tridimensional capaz de ser "tocada". Podría

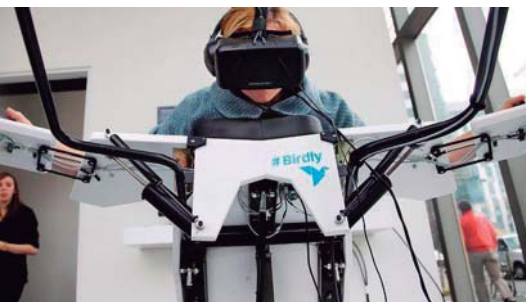


Fig 4.12 El simulador Birdly recrea el ambiente de vuelo de un pájaro



Fig 4.13 HUVR (Heads-Up Virtual Reality) desarrollado en la Universidad de California, utilizado en el campo de la medicina

ser especialmente útil para la docencia y la medicina (instrucción y terapias). También se desarrollan plataformas omnidireccionales como elementos de entrada/salida para dispositivos de realidad virtual.

Por otro lado, la creación de un mundo inerte puede ser mucho más sencilla. Existen diversas opciones para generar mundos, con distinto grado de libertad. Como ya vimos en el apartado 3.1 podemos generar instantáneas y recorridos virtuales a partir de imágenes 360°. Existen aplicaciones para transformar estas herramientas en experiencias inmersivas, interaccionando únicamente con una interfaz para realizar el recorrido o simplemente guiados por una línea temporal.

Al tratarse de imágenes ya renderizadas, el equipo de visualización no requiere ninguna especificación especial para poder mover el resultado, por lo que simplifica el sistema y abarata el equipo necesario para procesar las imágenes.

Estas cualidades han convertido a la imagen 360° en un elemento inmersivo muy atractivo para el usuario de distintos sectores relacionados con el diseño y las artes gráficas.

Aplicado a la arquitectura, el render 360° inmersivo mediante sistemas pasivos de realidad virtual permite sumergirse en los diseños arquitectónicos generados por ordenador, mostrando por partes los distintos ámbitos de la pieza arquitectónica. Es especialmente útil la capacidad de mostrar espacios complejos en todo su ámbito desde el interior de estos, pudiendo apreciar los detalles de la imagen. La inmersión facilita la comprensión del espacio.

Durante el proceso proyectual, el arquitecto puede utilizar la inmersión para realizar comprobaciones espaciales y corregir ciertas situaciones, en base a la percepción recibida. Mostrar diversas versiones del producto al cliente o a otros profesionales del sector hace más sencilla la comunicación.

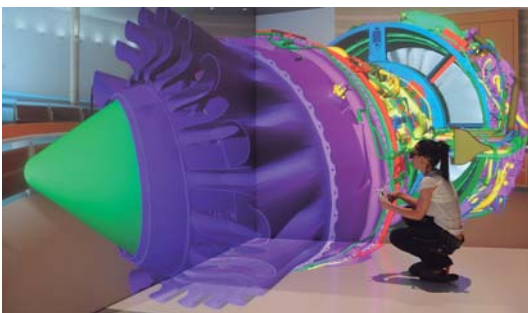


Fig 4.14 Diseño industrial mediante realidad virtual



Fig 4.15 Muestra de diseños mediante realidad virtual

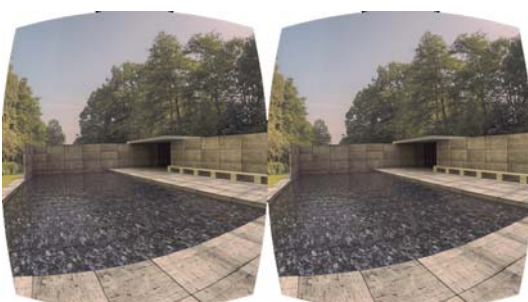


Fig 4.16 Imagen 360° aplicada a la realidad virtual



CASO PRÁCTICO

PARTE III

Preparar una imagen
360° para aplicaciones
de inmersión virtual



Como hemos visto, las imágenes 360° sirven para mostrar la arquitectura mejorando la comprensión proyectual de un modo intuitivo y atractivo. Se puede dar un paso más para introducir al usuario en la imagen: a través de la inmersión virtual.

La denominamos inmersión virtual y no realidad virtual por el hecho de no poder realizar cambios en el entorno, quedando limitados a un mundo virtual inerte.

Sin embargo, la inmersión virtual permite al usuario evadirse de la realidad y centrar sus sentidos en el mundo virtual. El usuario puede explorar una imagen como lo haría en el mundo real, observando a su alrededor, pero teniendo en cuenta que sus movimientos quedan restringidos (no puede caminar, saltar ni agacharse). En este sentido el grado de interactividad queda restringido a la observación. Pero el grado de inmersión visual y sonora puede ser completo.

Existen actualmente diversos dispositivos con los que se pueden realizar inmersiones. Los más avanzados son capaces de reproducir realidad virtual conectados a equipos de altas prestaciones, como son Oculus Rift (Oculus VR) o HTC Vive (HTC & Valve Corporation).



Fig 4.17 Dispositivos comerciales para visualizar mundos de realidad virtual e interactuar con ellos. Oculus Rift (arriba) y HTC Vive (abajo)

Pero una importante ventaja de la inmersión virtual mediante imágenes 360° es que los requisitos para reproducirla son mucho menores. Esto permite que la tecnología móvil sea capaz de soportar la inmersión virtual y, con ello, la popularidad de este sistema se ha expandido hasta los niveles más cotidianos de la sociedad. Por tanto, esta nueva herramienta comunicativa toma relevancia.

Actualmente, es suficiente con un dispositivo móvil y un soporte físico, con unas lentes adaptadas. El funcionamiento es sencillo. Prácticamente la totalidad de dispositivos móviles desde gama media-baja hasta la más alta gama del mercado disponen de sensores como el acelerómetro (encargado de reconocer la orientación del dispositivo) y el giroscopio (encargado de reconocer movimientos lineales). Mediante estos sensores las aplicaciones son capaces de reconocer la posición en la que se haya el usuario y los movimientos que realiza, respondiendo en consecuencia.

Los soportes denominados gafas de realidad virtual, consisten sencillamente en un soporte para el móvil con dos lentes. El dispositivo móvil se coloca en el soporte y las aplicaciones dedicadas a este medio realizan una división de pantalla. Esta división de pantalla se capta a través de ambas lentes, funcionando como canales de visión separados para cada ojo, que al unir las imágenes crean un efecto tridimensional. El coste de estos soportes depende del material y la complejidad con la que se diseñan.



Fig 4.18 Soportes con lentes para dispositivos móviles

Los soportes más baratos, como las Google Cardboard, consisten sencillamente en un elemento de cartón con dos lentes y un sistema sencillo de sujeción del dispositivo móvil. Otros sistemas, como las VR Box, están elaborados con materiales plásticos más resistentes y permiten ajustar las distancias de las lentes en dos de sus ejes. Entre los soportes de mayor gama encontramos las Samsung Gear VR diseñadas exclusivamente para productos Samsung y que cuentan con diversos dispositivos mecánicos y magnéticos para controlar el dispositivo sin necesidad de extraerlo, además de contar con software con contenido exclusivo.

Pero independientemente del medio que se emplee, se puede visualizar contenido de inmersión virtual con diferentes aplicaciones.

En este caso práctico utilizaremos una aplicación para visualizar imágenes 360° y el reproductor en línea Youtube para visualizar los vídeos producidos a partir de las imágenes 360°.

Para visualizar imágenes 360° a través de gafas VR utilizar diferentes aplicaciones multimedia como son Fulldive o VaR's Reproductor de Videos VR, reproductores de contenido multimedia dedicado a realidad virtual.

Visualizar los contenidos es tan sencillo como preparar una carpeta en el dispositivo móvil donde colocar los archivos generados con la edición de vídeo o las imágenes 360° (a las que se han inyectado los metadatos para poder ser reproducidas). A continuación se buscan las imágenes con la aplicación y se visualizan a través de las gafas de realidad virtual.

La aplicación del reproductor en línea Youtube para dispositivos móviles, ha implementado recientemente una nueva característica mediante la cual se puede dividir la pantalla en los vídeos 360° para ser utilizada como dispositivo de inmersión.

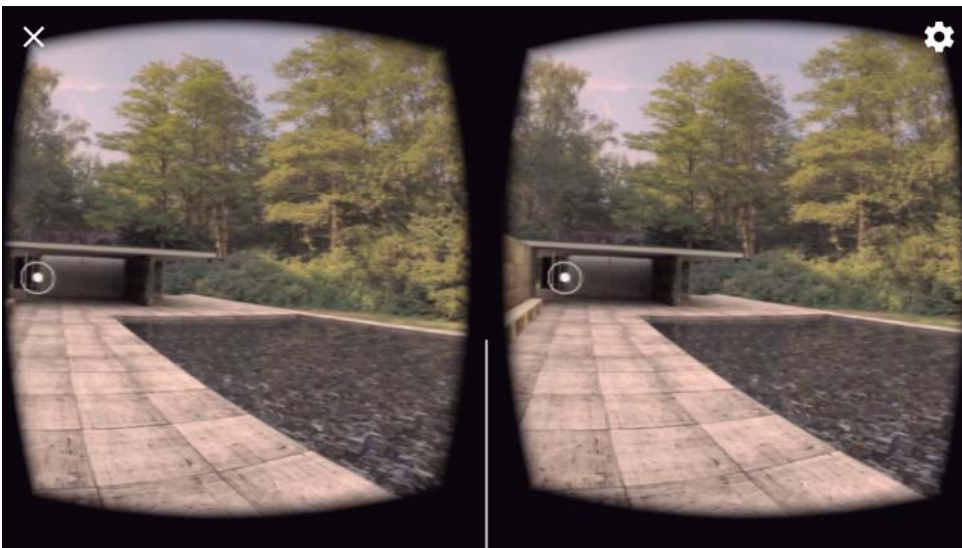


Fig 4.19 Captura del vídeo de recorrido virtual de este caso práctico, visualizada con la aplicación móvil de Youtube. La separación en dos canales permite el uso de soportes para la inmersión virtual

Como se puede experimentar mediante este caso práctico, la visualización de las imágenes y vídeos en este medio inmersivo nos introduce en la imagen como si de un elemento real se tratase, pudiendo observar a nuestro alrededor un ambiente generado por ordenador.

Como ya se ha indicado anteriormente, esta herramienta puede acompañar al arquitecto en el proceso proyectual, permitiendo controlar espacios, explicar a otros técnicos y público en general conceptos complejos, desarrollar prototipos y preparar presentaciones atractivas e instructivas.

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo está centrado en mostrar el potencial de las herramientas de visualización de la arquitectura mediante render 360° y analizar la evolución tecnológica referida a este campo hasta la actualidad.

Lo visto en el primer capítulo nos ha permitido conocer importantes precedentes para el desarrollo de la visualización de imágenes de amplio rango de visión. Profundizar en ello puede revelar ingenios caídos en el olvido e ideas que podrían ser actualmente aplicadas mediante las nuevas tecnologías.

En el segundo se ha realizado un breve seguimiento del desarrollo de la imagen generada por ordenador desde los inicios de las computadoras. A través de los conceptos explicados en esta sección se ha constatado la importancia que requiere el tratamiento de la escena en los programas dedicados a la arquitectura. Con las ideas planteadas en este capítulo reconocemos que el mayor volumen de trabajo para representar la arquitectura mediante imágenes 360° radica en la construcción de modelos detallados y la preparación de los materiales e iluminación de la escena.

La actualidad del diseño asistido en la arquitectura ha obligado al arquitecto a aprender a utilizar nuevas herramientas que permiten optimizar el tiempo y los recursos. Del mismo modo que la tendencia actual consiste en pasar del CAD al BIM, se comienza a observar que la representación realista de la arquitectura está abriendo vías a través de los nuevos soportes de visualización. Gracias a las imágenes 360° el usuario puede entender con mayor facilidad espacios diseñados por el arquitecto, lo que garantiza una mejor comunicación.

Las aplicaciones actuales de los renders 360° han quedado retratadas en el tercer capítulo, pero se plantea la posibilidad de extender el uso de estas imágenes a otros sectores de la industria y el ocio. Pueden actuar como servicio que garantice la compra del producto deseado o también permiten explicar conceptos artísticos, culturales y científicos, o generar nuevos sistemas pedagógicos. Estos son algunos ejemplos del amplísimo rango de aplicación de esta herramienta.

Finalmente, en el cuarto capítulo se presentan una serie de ventajas que se desprenden de la combinación de la realidad virtual con el empleo de renders 360°. Se ha visto la principal problemática que plantea el desarrollo de otros sistemas de visualización arquitectónica que utilizan motores de videojuegos para generar ambientes de recorrido libres. Básicamente implica una especialización expresa por parte del arquitecto en sistemas de representación en los que todavía no está optimizado el trabajo arquitectónico. A su vez, los sistemas de visualización y los equipos necesarios para alcanzarla no se encuentran a disposición del público general. En cambio, ésta es una enorme ventaja de las imágenes 360°: son soportadas en cualquier dispositivo (fijo o móvil), por lo que son capaces de estar al alcance de cualquier usuario a nivel mundial. Esta ventaja la convierte en una herramienta de comunicación muy eficaz: sencilla, barata y accesible. Otra ventaja destacable es que es una herramienta compatible con la evolución de los programas de diseño utilizados comúnmente por los arquitectos, por lo que no representa ningún tipo de lastre en la optimización del trabajo.

En definitiva, la imagen 360° confina las características necesarias para convertirse en una nueva herramienta de uso común en el mundo de la arquitectura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aromaa, S., & Väänänen, K. (2016) "Suitability of virtual prototypes to support human factors/ergonomics evaluation during the design". *Applied Ergonomics*, nº 56, 11-18.
- Bordini, S. (1984) "Storia del panorama: La visione totale nella pittura del XIX secolo", Officina, Roma
- Bourdot, P. (2010) "VR_CAD integration: Multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models" *Computer-Aided Design* nº42, pags 445-461.
- Comment, B. (2000), "The Painted Panorama", Harry N. Abrams Publisher
- Cardona, C. A. B. (2015) "3D Beaker: Video Mapping Tridimensional sobre Superficies Curvas."
- Debevec, P. (2002) "A Tutorial on Image-Based Lighting " *IEEE Computer Graphics and Applications*.
- Earnshaw, R. A. (2014) "Virtual reality systems". Academic press.
- Franco, J.A. 2011 "Sobre perspectiva, fotografía e infografía" *REVISTA EGA expresión gráfica arquitectónica* nº17.
- Gonzalez-Franco, M., Hall, M., Hansen, D., Jones, K., Hannah, P., & Bermell-Garcia, P. (2015, March) "Framework for remote collaborative interaction in virtual environments based on proximity". *3D User Interfaces (3DUI)*, 2015 IEEE Symposium on (pp. 153-154). IEEE.
- Guttentag, D. A. (2010) "Virtual reality: Applications and implications for tourism." *Tourism Management*, 31(5), pp. 637-651.
- Krull, F.N. (1994) "The origin of computer graphics within General Motors". *IEEE Annals of the History of Computing* nº16.
- Luhmann, T., "A historical review on panorama photogrammetry", ISPRS Workshop on Panorama Photogrammetry, Dresden, Germany, Febrero 2004; Volumen 34. Part 5/W16, pp. 19-22

Marti, S. (2006) "Aspen Interactive Movie Map (1978)." <https://www.youtube.com/watch?v=Hf6LkqgXPMU>

McBride, B. (1994), "Timeline of Panoramic Cameras 1843-1943" en *Photographist*, invierno 1994/5, nº 104, págs 19-22. <http://www.panoramicphoto.com/timeline.htm>

Moreno Toledano, L. y Rogel Villalba, E. (2016) "La simulación de la cultura a través de los mundos virtuales. El caso de Second Life: un acercamiento al potencial representacional, narrativo y retórico en las nuevas culturas mediáticas", *Icono 14*, volumen (14), pp. 1-25.

Rubio-Tamayo, J. L., Gértrudix Barrio, M. (2016) "Realidad Virtual (HMD) e Interacción desde la Perspectiva de la Construcción Narrativa y la Comunicación: Propuesta Taxonómica" *Icono 14*, volumen 14 (2), pp. 1-24

Rubio-Tamayo, J. L. (2015) "Creación Experimental en el Espacio Digital. Entornos Digitales Colaborativos y Laboratorios Multimedia." Facultad de Bellas Artes. Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

Sutherland, I. (1963) "Sketchpad: A man-machine graphical communication system". Massachusetts Institute of Technology. Tesis Doctoral. Universidad de Cambridge 2003.

Sutherland, I. (1968) "A head-mounted three-dimensional display". *AFIPS 68*, pp. 757-764

Página "Sistemas Adaptativos y Bioinspirados en Inteligencia Artificial" del equipo de investigación integrado en el grupo de excelencia de Redes de Neuronas Artificiales y Sistemas Adaptativos (RNASA), departamento de Tecnologías de la información y las comunicaciones de la Universidade da Coruña:

<http://sabia.tic.udc.es/>

ÍNDICE DE IMÁGENES

Página 6

Fig. 1.1 Patente del ciclorama de Barker

<http://tectonicablog.com/wp-content/uploads/2012/01/patente-de-Barker-455x242.gif>

Fig 1.2 Sección del ciclorama de Leicester Square, construido por Barker en Londres

http://www.aryse.org/wp-content/uploads/2011/05/pano_baker_2.jpg

Fig 1.3 Grabado representativo del efecto de Panorama

http://oldemc.english.ucsb.edu/imprint/warner/protocols/Images/William_Warner/Protocols_of_Liberty_Illustrations/Chap%206%20Declaration%20of%20Independence/panorama-%20Robert%20Barker.%20England-1792.jpg

Fig 1.4 Panorama de Edimburgo de Robert Barker

http://www.aryse.org/wp-content/uploads/2011/06/BARKER_EDINBURGH_250.jpg

Página 7

Fig 1.5 Folleto publicitario del Panorama de la batalla de Trafalgar

http://www.aryse.org/wp-content/uploads/2011/05/pano_baker_11.jpg

Fig 1.6 Folleto publicitario del Panorama de Malta

http://www.aryse.org/wp-content/uploads/2011/05/pano_baker_7.jpg

Fig 1.7 Vista de Londres de Wenceslaus Hollar. Se aprecia que no se trabaja la perspectiva como lo hacía Barker.

http://justinbkolb.com/wp-content/uploads/2013/04/Long_view_of_London_From_Bankside.jpg

Página 8

Fig 1.8 Sol Naciente de Claude Monet

https://almargendefermat.files.wordpress.com/2009/07/monet_1872_impresionsolnaciente.jpg

Fig 1.9 Cámara panorámica de Joseph Puchberguer

https://fotografia101.com/wp-content/uploads/2015/08/1843_puchberger_panoramic-camera.jpg

Fig 1.10 Panorámica formada mediante daguerrotipos unidos. Fotografías tomadas por W. S. Porter en mayo de 1848.

http://www.phillyh2o.org/images/FWW_1848_GeorgeEastmanHouse.jpg

Página 9

Fig 1.11 El Kaiserpanorama de August Fuhrmann

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/20/August_Fuhrmann-Kaiserpanorama_1880.jpg

Fig 1.12 Película flexible de George Eastman

<http://d1kgky9740p2t5.cloudfront.net/wp-content/uploads/2013/10/capture341.png>

Fig 1.13 Programma 101 (Olivetti, 1965)

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5e/Olivetti_Programma_101_-_Museo_scienza_e_tecnologia_Milano.jpg

Fig 1.14 Primera cámara digital (Kodak, 1975)

<http://i1.wp.com/blogthinkbig.com/wp-content/uploads/2014/11/primer-camara-digital.jpg?resize=610%2C547>

Página 11

Fig 2.1 Interfaz de la computadora Whirlwind

http://www.chipsetc.com/uploads/1/2/4/4/1244189/6937026_orig.jpg?300

Fig 2.2 Computadora TX-2 con el dispositivo de entrada lightpen

<http://experiencedynamics.blogs.com/.a/6a00d8345a66bf69e20120a654c910970b-800wi>

Fig 2.3 Muestra de la interfaz de TX-2 para el programa de Sutherland, Sketchpad

<http://3yq5q42rw3z48qnbj46yehrx.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2013/02/sketchpad.jpg>

Página 12

Fig 2.4 Programa DAC-1

<http://excelsior.biosci.ohio-state.edu/~carlson/history/tree/images/dac.JPG>

Fig 2.5 Diseños realizados con DAC-1

<https://design.osu.edu/carlson/history/images/dac1b.jpg>

Fig 2.6 Render del Herbert F. Johnson Museum of Art de la Cornell University por el equipo del PFG (Program of Computer Graphics)

<https://design.osu.edu/carlson/history/images/small/cip-johnson.jpg>

Fig 2.7 Investigación sobre la luz: caja de Cornell

<https://design.osu.edu/carlson/history/tree/images/box.jpg>

Página 13

Fig 2.8 Escena del largometraje Star Wars: A New Hope

<http://vignette3.wikia.nocookie.net/starwars/images/5/5c/Obiwanvaderanhduel.png/revision/latest?cb=20130314001347>

Fig 2.9 Escena del largometraje de animación Toy Story

<http://harlemtoys.com/wp-content/uploads/2015/10/toy-story-1-full-movie.jpg>

Fig 2.10 Conceptos relacionados con el sistema BIM

<http://www.veritas-consulting.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/bim1.jpg>

Página 14

Fig 2.11 Infografía arquitectónica de la residencia Kaufmann de Frank Lloyd Wright (imagen de Stefano Pagani)

http://2.bp.blogspot.com/-ZmSVHEMI0OY/T_oC9SKAzXI/AAAAAAAAAHw/dxNyxecA4O0/s1600/CASCATA.jpg

Fig 2.12 Modelo descompuesto de la Villa Savoye de Le Corbusier (imagen de Samuel Macalister)

<http://m1.behance.net/rendition/modules/60122821/disp/c1e213cc7b564dbb8fada43138487c4e.jpg>

Fig 2.13 Imágenes originales del modelo en CATIA del Museo Guggenheim de Bilbao diseñado por Frank O. Gehry

<http://www.angelfire.com/mech/lashout85/images/catia.jpg>

Página 15

Fig 2.14 Logo del programa Rhinoceros conformado con curvas NURBS

http://files.solidworks.com/partners/screenshots/rhinologo_white%20-%20edited.jpg

Fig 2.15 Paisaje generado con Vue para la película AVATAR

<http://simplywallpaper.net/pictures/2010/04/09/avatar-landscape.jpg>

Fig 2.16 El programa 3ds Max permite generar animaciones con su gran gama de herramientas (imagen de visual distractions, [16])

<https://creatividadenlared.files.wordpress.com/2010/10/dibujo1.jpg>

Página 16

Fig 2.17 Iluminación directa (arriba) e indirecta (abajo)

<http://www.esi.uclm.es/www/cglez/fundamentos3D/imagenes/03.01.Fig01.jpg>

Fig 2.18 Casuísticas en la reflexión y refracción producidas por el movimiento del agua

<http://previews.123rf.com/images/isabela66/isabela661312/isabela66131200034/24313884-Dom-reflexi-n-sobre-las-ondas-de-agua-de-la-piscina-con-mosaico-Foto-de-archivo.jpg>

Fig 2.19 Modelos iluminados con mapas HDRI en la animación Fiat Lux creada por el equipo de Paul Debevec en 1999

<http://www.pauldebevec.com/FiatLux/media/images/uffCGW.0070.jpg>

Página 17

Fig 2.20 Funcionamiento de los Ligthmaps

http://www.flipcode.com/archives/article_lms08.jpg

Fig 2.21 Reflexión y refracción en función de un rayo incidente

<https://victortabernero.files.wordpress.com/2010/02/reflexion-luz.jpg>

Fig 2.22 Mapa de relieve (izquierda) y mapa de desplazamiento (derecha)

https://www.vray.com/vray_for_sketchup/manual/vray_for_sketchup_manual/displacement/displacement_in_vray_for_sketchup_5.jpg

Página 18

Fig 2.23 Iluminación de una escena mediante elementos con material emisivo

<http://k43.kn3.net/5DBE30882.jpg>

Fig 2.24 Parámetros de la cámara física del programa 3ds Max

Imagen propia

Página 19

Fig 2.25 Ejemplo de imagen renderizada con el motor fryrender (imagen de Erwan Loison)

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Fryrender_example.jpg

Fig 2.26 Ejemplo de renderizado del motor Hyperion Render de Disney para la película Big Hero 6 (video explicativo del funcionamiento del motor: https://www.youtube.com/watch?v=4mvxkOr_UxA)

<https://www.fxguide.com/wp-content/uploads/2014/10/bigHero6541b2632690bc.jpg?8f1314>

Página 22

Fig 2.27 Visita de Mies durante construcción del pabellón en 1929

<http://www.arqfoto.com/wp-content/uploads/2014/01/pabellon-mies4.jpg>

Página 23

Fig 2.28 Vista aérea del pabellón en 1929

https://arquitectura.files.wordpress.com/2016/05/pabellc3b3n-barcelona_-_fin-de-la-construccion-vista-ac3a9rea-cubierta-con-columnata.jpg

Fig 2.29 Alzado del pabellón

Imagen propia

Fig 2.30 Modelo 3D levantado a partir de los planos originales de la reconstrucción del pabellón de 1983

Imagen propia

Página 24

Fig 2.31 Modelo importado a 3ds Max

Imagen propia

Fig 2.32 Prueba de iluminación y entorno sin materiales aplicados

Imagen propia

Página 25

Fig 2.33 Pruebas de reflexión en tanto del modelo como del mapa HDRI sobre un mapa ligeramente reflectante. Mapa HDRI empleado (derecha)

Imagen propia

Fig 2.34 Distintas muestras de materiales en la escena

Imagen propia

Página 26

Fig 2.35 Vista exterior

Imagen propia

Fig 2.36 Vista interior

Imagen propia

Página 28

Fig 3.1 Soporte de realidad aumentada, consistente en añadir información virtual al mundo real. En la imagen, virtualización de un modelo 3D adjunto a planos físicos.

<http://enlacearquitectura.com/wp-content/uploads/Realidad-Aumentada.jpg>

Fig 3.2 El Stop Motion es una interesante técnica para representar recorridos mediante videos no interactivos. Autores: Anlan Chen & Xiaonan Wang

<https://www.youtube.com/watch?v=2vyN7J4H0vU>

Página 29

Fig 3.3 Imágenes generada a partir del programa Twinmotion. Se puede generar un vídeo a partir del modelo.

https://twinmotion.abvent.com/wp-content/uploads/sites/60/2015/03/Twinmotion_Urbain_02_FR_1-1500x749.png

Fig 3.4 Nikon KeyMission 360

<http://cdn-7.nikon-cdn.com/Images/CPCAssets/keymission360/img/360.png>

Fig 3.5 Kodak Pixpro SP360 4K

<http://alcaudullo.com/wp-content/uploads/2016/05/Kodak-PixPro-360-4k-01.jpg>

Página 30

Fig 3.6 Imagen 360° desplegada

Imagen propia

Fig 3.7 Recorridos libres en el sector del videojuego

<http://www.spidersweb.pl/wp-content/uploads/2014/01/get-even-8.jpg>

Página 31

Fig 3.8 Recorrido libre creado mediante el motor de videojuegos Unreal Engine. Imágenes captadas de un video demostrativo en el que se presenta el proyecto de un apartamento en Londres.

<https://archive.org/details/UE4Arch.comLondonApartment>

Página 33

Fig 3.9 Visita virtual promocionadas por el Ministerio Educación, Cultura y Deporte del Museo Sefardí de Toledo.

<http://www.mcu.es/visitavirtualmuseos/museo-sefardi>

Fig 3.10 Uso de los recorridos 360° para catálogo de productos de la marca Klein. Autor: Berga&González arquitectos

http://www.klein-europe.com/downloads/customers/Panoramic_360Tour_Klein/klein.htm

Página 35

Fig 3.11 Una forma de representar una proyección de 360°x360°, es decir, esférica, en un plano es mediante la proyección gnómica. Estas proyecciones producen una deformación en la imagen debido a que la esfera descompuesta queda "estirada" para acoplarse al plano rectangular. La deformación queda ser representada en meridianos

<http://www.isndf.com.ar/clases/clasificacion-de-proyecciones-gnomonicas.jpg>

Fig 3.12 Posicionamiento de las cámaras en la escena

Imagen propia

Página 36

Fig 3.13 Imagen de salida. Relación 2:1 y cámara esférica

Imagen propia

Fig 3.14 Importación del archivo a Pano2VR

Imagen propia

Página 37

Fig 3.15 Configuración de salida. En este menú se selecciona la resolución, el tamaño de ventana y la interfaz con la que navegar

Imagen propia

Fig 3.16 Imagen 360° visualizada en un dispositivo Android mediante un reproductor de archivos Flash (.swf)

Imagen propia

Página 38

Fig 3.17 Aplicar zonas de interacción mediante hotspots o polígonos de interacción

Imagen propia

Fig 3.18 Hotspots en la imagen 360°

Imagen propia

Página 39

Fig 3.19 Video generado a partir de la herramienta Línea del tiempo de Photoshop

Imagen propia

Página 41

Fig 4.1 Las tres íes de la realidad virtual

<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/Realidad%20Virtual/web/imagenes/definicion/3I.jpeg>

Fig 4.2 El mundo virtual 3D (2003) es un ejemplo de realidad virtual no inmersiva. Los usuarios son individuos que se pueden relacionar con otros, moverse e interactuar con el mundo, realizar viajes e incluso participar en su economía

http://cdn.mmohuts.com/wp-content/uploads/2015/03/Second_Life_604x423.jpg

Página 42

Fig 4.3 Dispositivo de entrada DHM (Dexterous Hand Master). Sistema de seguimiento de movimientos mecánico

https://www.researchgate.net/profile/Tomasz_Mazuryk/publication/2617390/figure/fig17/AS:279515893911573@1443653190436/Figure-2332-Dexterous-manipulators-a-EXOS-Dexterous-Hand-Master-from-Stur94.png

Fig 4.4 Prototipo de dispositivo de entrada Omni, encargado de trasladar la dirección y velocidad de los pasos del mundo real a los mundos virtuales

<http://www.roadtovr.com/wp-content/uploads/2013/06/virtuix-omni-kickstarter.jpg>

Fig 4.5 Estereoscopio de Sir Charles Wheatstone

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Charles_Wheatstone-mirror_stereoscope_XIXc.jpg

Página 43

Fig 4.6 St. Fotografía de Agen, Francia, tomada por Louis Ducos du Hauron y desfragmentada en dos canales, formando un anaglifo

https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Arthur_Ducos_du_Hauron#/media/File:Duhauron1877.jpg

Fig 4.7 Cartel de promoción del Sensorama (1962)

<http://proyectoidis.org/wp-content/uploads/2013/07/sensorama01.jpg>

Fig 4.8 Tron (1982) introdujo interesantes ideas sobre mundos de realidad virtual

http://static.rogerebert.com/uploads/movie/movie_poster/tron-1982/large_cTF8lpXvAwT1SLH9kVFZZI0AO0D.jpg

Página 44

Fig 4.9 Mapa interactivo de Aspen (Colorado), por Andy Lippman

<http://www.naimark.net/writing/images/aspen/AspenMoviemap.jpg>

Fig 4.10 Sistema Vived para astronautas, desarrollado por la NASA

<http://cdn3.ticbeat.com/src/uploads/2014/11/nasa-virtual.jpg>

Fig 4.11 Dispositivo Woekbench, para trabajar con modelos tridimensionales. En la imagen, aplicación médica

<http://s.hswstatic.com/gif/vr-gear-7.jpg>

Página 45

Fig 4.12 El simulador Birdly recrea el ambiente de vuelo de un pájaro

http://cde.3.elcomercio.pe/ima/0/1/2/6/1/1261835/base_image.jpg

Fig 4.13 HUVR (Heads-Up Virtual Reality) desarrollado en la Universidad de California, utilizado en el campo de la medicina

<https://ispr.info/ispr/files/2010/07/HUVR.jpg>

Página 46

Fig 4.14 Diseño industrial mediante realidad virtual

<http://www.hypergridbusiness.com/wp-content/uploads/2014/05/Eon-Reality-iCube.jpg>

Fig 4.15 Muestra de diseños mediante realidad virtual

http://www.bdcnetwork.com/sites/bdc/files/body-images/2_22.jpg

Fig 4.16 Imagen 360° aplicada a la realidad virtual

Imagen propia

Página 48

Fig 4.17 Dispositivos comerciales para visualizar mundos de realidad virtual e interactuar con ellos. Oculus Rift (arriba) y HTC Vive (abajo)

<http://static3.techinsider.io/image/56e84abc52bcd026008b6813-1200/oculus-rift.jpg>

Página 49

<http://blogs-images.forbes.com/insertcoin/files/2016/04/vive-1200x750.jpg>

Fig 4.18 Soportes con lentes para dispositivos móviles

<http://www.novolandia.com/2031-thickbox/vr-box-3d-gafas-para-moviles-realidad-virtual-google-cardboard-para-iphone-android.jpg>

Fig 4.19 Captura del vídeo de recorrido virtual de este caso práctico, visualizada con la aplicación móvil de Youtube. La separación en dos canales permite el uso de soportes para la inmersión virtual

Imagen propia