

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Tecnología lúdica digital como herramienta para la representación arquitectónica

Autor: Francisco Valdez Apolo

Tutor: Daniel Martín Fuentes.

Cotutor: Manuel Sánchez García.

Escuela: Escuela técnica superior de Arquitectura | Universidad Politécnica de Valencia.

Titulación: Máster Universitario en Arquitectura Avanzada, Paisaje, Urbanismo y Diseño, en la especialidad de tecnología.

Curso: 2018-2019.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

MASTER

A
P
U
D

arquitectura avanzada
paisaje
urbanismo
diseño



ESCOLA TÈCNICA
SUPERIOR
D'ARQUITECTURA

Agradecimientos

Expreso mis agradecimientos a mi familia y amigos por su ayuda y apoyo incondicional en todo momento. Gracias a mis tutores Daniel Martín Fuentes y Manuel Sánchez García por su guía y dedicación. Gracias a David Gallardo y Fran Silvestre por su valiosa colaboración.

Dedico este trabajo a las mujeres más fuertes e inteligentes que conozco, mis hermanas, mis abuelas y en especial a mi madre la máxima responsable de todos mis logros.

Índice

Resumen	5
Introducción	6
Objetivos	8
Metodología	8
Estructura del documento	8
CAPÍTULO 01	9
1.1 La representación arquitectónica	11
1.2 Tipos de representación arquitectónica	12
1.2.1 Pintura	12
1.2.2 Croquis	13
1.2.3 Maquetas	14
1.2.4 Dibujo	15
1.2.5 Fotografía	17
1.2.6 Cinematografía	19
1.2.7 Fotogrametría	21
1.2.8 Representación Digital	23
CAPÍTULO 02	27
2.1 Actividad Lúdica	29
2.1.2 Pensamiento lúdico	30
2.2 Videojuegos	34
2.2.1 Elementos clave	36
2.2.2 Mundo Virtual	37
2.2.3 Interfaz	38
2.3 Arquitectura y Videojuegos	41
2.3.1 Contexto	42
2.3.2 Percepción	44
2.3.3 Patrones de uso espacial	45
2.3.4 Cartografía	48
CAPÍTULO 03	49
3.1 Motores de videojuegos	51
3.1.1 Cry Engine V	52
3.1.2 Unity 3D	52
3.1.3 Unreal Engine 4	53
3.1.4 Comparación y selección	54

3.2 Aplicación de tecnología lúdica digital	55
3.2.1 Trabajo de Diseño.....	56
3.2.2 Trabajo artístico.....	59
3.2.3 Trabajo de programación	66
3.3 Modelo de negocio.....	73
Conclusiones	74
Referencia Imágenes.....	76
Bibliografía	80

Resumen

El aspecto lúdico está presente en la vida de los seres humanos en todo momento, es parte de la cultura, es una actividad cotidiana. En la actualidad los medios digitales han tomado protagonismo en la sociedad y los videojuegos son parte del día a día en la vida de muchas personas. Los videojuegos toman patrones de uso espacial de la realidad y los ubican en su propia estructura. El espacio digital del videojuego se retroalimenta del espacio real y se convierte en un espacio arquitectónico. Es por ello, que el espacio del videojuego interactúa y encuentra sinergias con la arquitectura.

Debido al desarrollo en la industria de los videojuegos, el uso de tecnología lúdica digital para un propósito que no sea entretenimiento es cada vez más accesible y común. Así como el diseño arquitectónico puede jugar un papel fundamental dentro del desarrollo de un videojuego, la representación arquitectónica como disciplina, se puede beneficiar de la tecnología de los videojuegos.

En el presente trabajo se analiza la tecnología lúdica digital a través de los elementos más destacados en los videojuegos y se identifica los lazos con la arquitectura. Para ello, se debe entender cómo el espacio digital y la jugabilidad funcionan conjuntamente. Como proyecto práctico, se ha utilizado un motor de videojuegos para la representación interactiva e inmersiva de un modelo arquitectónico. Los resultados de esta prueba evidencian las ventajas de este tipo de representación frente a la representación arquitectónica tradicional.

Abstract

The playful aspect is always present in the life of human beings, it is part of the culture, it is a daily activity. Nowadays digital media have taken center stage in society and video games are part of the daily life in the lives of many people. Video games take patterns of spatial use of reality and place them in their own structure. The digital space of the videogame feeds of the real space and becomes an architectural space. That is why the videogame space interacts and finds synergies with architecture.

Due to the development in the video game industry, the use of digital ludic technology for a purpose other than entertainment is increasingly accessible and common. Just as architectural design can play a fundamental role in the development of a videogame, architectural representation as a discipline can benefit from videogame technology.

In this paper, digital ludic technology is analyzed through the most prominent elements in video games and links with architecture are identified. To do this, you must understand how digital space and gameplay work together. As an experiment, a video game engine has been used for the interactive and immersive representation of an architectural model. The results of this test show the advantages of this type of representation over traditional architectural representation.

Introducción

La tecnología lúdica digital puede ser usada en diferentes ámbitos, sin embargo, se conoce por representar a los medios visuales de más impacto en la actualidad: los videojuegos. Estos, se han posicionado como el principal motor de entretenimiento en el mundo y como una de las industrias más fuertes, generando más de 134.900 millones de dólares en el 2018 (DEV, 2018). Los videojuegos engloban múltiples categorías y modelos de negocio. En la actualidad las descargas digitales en tiendas online como *Steam*, *Google Play*, *App Store* o *Epic Games*, son la principal forma de distribución de videojuegos, sin embargo, desde el 2019, todo apunta a que la próxima forma para acceder a estos será a través de transmisión en vivo mediante almacenamiento en la nube como es el caso de *Google Stadia* o *Project xCloud*.

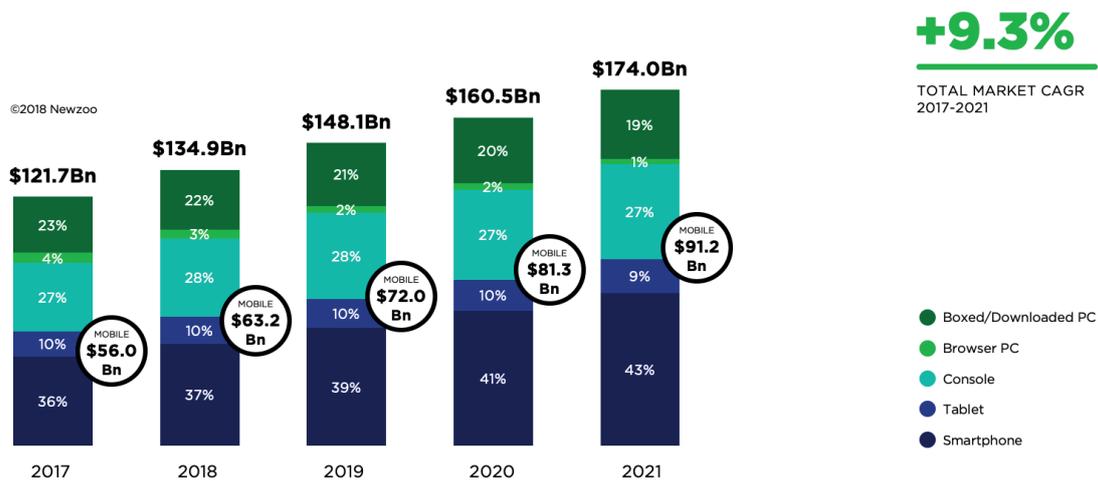


FIGURA 1. EVOLUCIÓN DEL MERCADO MUNDIAL DE LOS VIDEOJUEGOS. 2018.

Debido a la rápida evolución de los videojuegos y su impacto en el mercado mundial, los avances en esta industria han incentivado el desarrollo de diversas tecnologías tanto en hardware como en software. Es el caso de medios inmersivos como realidad virtual, realidad aumentada y realidad mixta que en la actualidad están en un punto crucial gracias a la llegada de nuevos dispositivos como las gafas de *Oculus* o *playstation VR* especialmente diseñadas para videojuegos y otras aplicaciones.



FIGURA 2. PREVISIONES DE CRECIMIENTO DE MERCADO EN LOS MEDIOS INMERSIVOS. 2018.

La representación arquitectónica ha estado presente dentro de los videojuegos desde su origen, la posibilidad de habitar, interactuar y navegar libremente por un espacio arquitectónico simulado es una experiencia que sucede de forma común en los videojuegos. Con la tecnología actual muchos videojuegos son una herramienta para diseñar y representar arquitectura. Los jugadores en un videojuego de mundo abierto pueden experimentar con el espacio virtual y crear desde pequeñas edificaciones hasta grandes ciudades, sea de forma individual o en colectivo.

En la actualidad la tecnología lúdica digital no solo se usa con fines de entretenimiento, también puede ser utilizada en otras disciplinas con fines serios que tienen que ver con el desarrollo de inteligencia artificial, efectos de tiempo, efectos de audio, visualización en tiempo real y simulación de físicas. La arquitectura es una de las disciplinas que pueden aprovechar las ventajas que ofrece la tecnología lúdica mediante un motor de videojuegos.

La representación arquitectónica transmite la propuesta de diseño a las demás personas. Es una forma de expresión o lenguaje y se logra mediante una amplia variedad de técnicas que están en constante cambio y evolución. No obstante, medios tradicionales de representación pueden ser de difícil lectura o con un alto nivel de abstracción, sobre todo para personas que no estén formadas en el tema. Esto se debe principalmente a la falta de información o por representar un proyecto de una manera distorsionada a lo que será en la realidad

En los últimos años la representación arquitectónica se desarrolla principalmente en forma digital, el avance tecnológico y la rápida evolución en los medios digitales ha permitido que el arquitecto cuente con múltiples opciones a la hora de representar su proyecto. Con imágenes o animaciones renderizadas¹ por ordenador es posible representar partes de un proyecto de forma hiperrealista, pero solamente muestra los puntos de vista que el diseñador ha escogido con anterioridad y no es posible navegar e interactuar libremente en el proyecto. Al utilizar un motor de videojuegos como herramienta para la representación arquitectónica se puede superar las limitaciones que tienen otros medios de representación digital, ya que se obtiene un producto navegable, de gran calidad visual y con interacción en tiempo real. Es por lo que se presenta como una herramienta adecuada para brindar una visualización hiperrealista y también facilitar la comprensión del usuario con respecto al objeto arquitectónico.

¹ La renderización (Del inglés: *rendering*) es un anglicismo usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen o animación inteligible para el ser humano producida por ordenador a partir de información digital.

Objetivos

Principal: Demostrar las ventajas que ofrece al campo de la representación arquitectónica el uso de tecnología lúdica digital.

Secundarios:

- Identificar los tipos de representación arquitectónica más utilizados y sus características.
- Analizar la importancia de la actividad lúdica y descomponer en sus manifestaciones a través del *pensamiento lúdico*.
- Analizar las características principales de los videojuegos e identificar las sinergias con la arquitectura.
- Materializar la investigación mediante la aplicación de tecnología lúdica digital sobre un modelo de arquitectura, utilizando un motor de videojuegos.

Metodología

- Se construye una sólida base teórica a partir de trabajos académicos lo que permite definir y relacionar los diferentes elementos reunidos bajo el tema central de este trabajo: la representación arquitectónica, la actividad lúdica y los videojuegos.
- A partir del análisis del estado del arte en la industria de los videojuegos, así como la experimentación con estos, se identifican y se definen los conceptos de los elementos claves dentro de los mundos virtuales lúdicos. Se evidencian las sinergias entre la arquitectura y videojuegos mediante el análisis y la redacción de conceptos como la escala, función, costo, percepción y patrones de uso espacial dentro de los videojuegos.
- Finalmente se aplica tecnología lúdica digital para la representación de un proyecto de arquitectura. Para esto, se utiliza el motor de videojuegos Unreal Engine 4 en el cual se importa un modelo 3D y se trabaja en: **Programación**, mediante el lenguaje gráfico de *Blueprints* (herramienta propia del programa) para crear una interfaz de usuario e interacción con el entorno. **Trabajo artístico**, para aplicar: materiales, iluminación, vegetación, sonido y otros elementos para ambientar el entorno.

Estructura del documento

El presente trabajo se divide en tres capítulos:

- En un **primer capítulo** se analizarán los diferentes tipos de representación arquitectónica, tanto los métodos tradicionales como la representación arquitectónica digital.
- En un **segundo capítulo** se estudiará la actividad lúdica y sus manifestaciones. A continuación, se identificarán las principales características y elementos destacados de los videojuegos y se evidenciarán las sinergias con la arquitectura.
- En el **tercer capítulo** se analizarán algunos motores de videojuegos, sus ventajas y desventajas. Se escogerá el motor más adecuado para la aplicación práctica de este trabajo y se realizará la aplicación de tecnología lúdica digital en un modelo arquitectónico.

CAPÍTULO

01

LA REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA

Architecture is a cultural artefact that extends beyond the physical world, influencing activity, and carrying meaning². (McGregor, 2007, pág. 1)

² Traducción: *La arquitectura es un artefacto cultural que se extiende más allá del mundo físico, influye en la actividad y lleva consigo un significado.*

1.1 La representación arquitectónica

Una de las características del ser humano es la capacidad de comunicarse a través de métodos de representación, sean gráficos, escritos, plásticos, etc. A lo largo de los años se han desarrollado habilidades y técnicas que permiten representar las ideas, emociones o sensaciones. Esta forma de comunicación está presente desde los primeros registros de bocetos y signos prehistóricos, hasta la actualidad.

Las primeras representaciones simbólicas datan de hasta 100.000 años atrás (d'Errico, García, & F. Rifkin, 2012). Incluso, ciertos investigadores han registrado que los primeros signos pudieron haberse hecho hace más de 400.000 años por el Homo erectus (Joordens, 2015). La acción de graficar figuras geométricas o símbolos abstractos es interpretada como signo de un comportamiento moderno como especie³ (d'Errico & Stringer, 2011).

La arquitectura, al ser una disciplina proyectual, requiere de medios para ser representada. Una de las primeras representaciones arquitectónicas que se conocen, es un dibujo que data de hace 6200 a.n.e, del asentamiento neolítico de Çatalhöyük-Turquía (Pastrano, 2007). La representación es tan importante para un arquitecto como lo es el alfabeto para un escritor o las partituras para un músico. La representación arquitectónica es considerada como un lenguaje y no solo como una herramienta o pieza de arte.



ILUSTRACIÓN 1. RECREACIÓN DEL MAPA DE ÇATALHÖYÜK. 2016.

De lo que no hay duda es de que prácticamente ningún arquitecto de relieve ha prescindido de ese lenguaje intermedio que es la representación gráfica. Por todo ello, no es aventurado afirmar que este medio gráfico, el dibujo de arquitectura, es realmente el que mayores posibilidades ofrece para el estudio de todo el conjunto de temas relacionados con la disciplina arquitectónica. (Sainz, El dibujo de arquitectura : teoría e historia de un lenguaje gráfico, 2005, pág. 24)

Que toda idea pase por un solo medio de representación es una limitación, por lo que a lo largo de la historia se han utilizado diferentes formas para representar proyectos. Por ejemplo, Borromini utilizó maquetas de cera. Gaudí experimentó con estructuras funiculares

³ Con *comportamiento moderno* se hace referencia al comportamiento y habilidades cognitivas únicas desarrolladas por el Homo Sapiens, que se diferencia de otras especies por el pensamiento abstracto, la capacidad de planificación, expresión artística, etc.

suspendidas. Le Corbusier hizo presentaciones secuenciales de sus espacios, como en un *story board* cinematográfico. Grupos como Archigram, Archizoom y Superstudio crearon collages arquitectónicos inspirados en Pop-Art. Por último, el escenario actual de la representación se desarrolla principalmente en forma digital. Lo que está claro es que existe una constante evolución y búsqueda por nuevas formas de representación para expresar ideas y proyectos.

Plantas, fachadas y secciones, maquetas y fotografías, cinematógrafo: he aquí nuestros medios para representar los espacios; cada uno de ellos, una vez entendido su sentido arquitectónico, puede ser investigado, profundizado y mejorado; cada uno de ellos trae consigo una contribución original y llena las lagunas que los otros tienen. Si, como creían los cubistas, la arquitectura pudiese ser definida en sus cuatro dimensiones, tendríamos entonces los medios adecuados para una representación completa de los espacios. (Zevi, 1998, pág. 48)

A continuación, se exponen de forma breve, diferentes tipos de representación arquitectónica, analizados según su finalidad o propósito. Cabe recalcar que la representación a la que se hace referencia está al servicio de las artes mayores, pero no debe ser considerada como una de ellas, pues su esencia está directamente ligada al contenido que pretende transmitir, sin desmerecer la calidad artística que pueda llegar a tener más allá de su contenido instrumental.

1.2 Tipos de representación arquitectónica

1.2.1 Pintura

Por pintura se define a la representación pictórica de un objeto arquitectónico, sin hacer referencia a ninguna técnica en particular. Si bien el resultado puede tener un interés estético por sí mismo, el principal objetivo será utilizar el contenido para un fin analítico, documental o experimental como aporte al proyecto arquitectónico y su representación. Dentro de las ventajas de la pintura se encuentra la capacidad de reproducir con fidelidad un edificio existente o inexistente, y a la vez poder seleccionar elementos a destacar, añadir o cambiar.

La relación entre la pintura y la arquitectura siempre ha sido estrecha. Antes de la fotografía y los medios digitales, la pintura era una de las principales formas de representación arquitectónica. En la actualidad no es un instrumento común para los arquitectos, sin embargo, es un medio de expresión y representación irremplazable, capaz de estimular los sentidos y la creatividad.



ILUSTRACIÓN 2. MAJA WRONSKA. 2016. ACUARELA, SOL EN NUEVA YORK.

1.2.2 Croquis

Entendemos por croquis o boceto a un dibujo a mano alzada que puede realizarse en pocas líneas o con gran detalle, con diferente técnica, rapidez y estilo, según las capacidades y el tiempo del dibujante. No tiene exactitud, ya que no necesita de plantillas auxiliares ni de una escala exacta. Es un tipo de representación arquitectónica usado sobre todo en las primeras fases de un proyecto. Es una de las formas de representación más comunes entre los arquitectos, diseñadores, decoradores o artistas. Una de las ventajas de este método es el planteamiento rápido que ofrece y el resultado que se puede lograr con un carácter fresco y creativo.

Al tratarse de una primera aproximación del proyecto que se quiere elaborar, el boceto puede contener una alta carga emotiva que el diseñador quiere transmitir. Por ello, el croquis puede tener un alto grado de abstracción, pues expresa una serie de reflexiones, intenciones e interpretaciones antes que pensar en un resultado técnico u objetivo. A pesar del nivel de abstracción generalmente un boceto refleja la idea global del proyecto y visualmente será lo más aproximado posible a lo que se quiere lograr.

En general un buen croquis cumple con diferentes recomendaciones como: una proporción de acuerdo con el tamaño del soporte, línea de horizonte, puntos de fuga, considerar sombras, textura, verticalidad, profundidad, contexto, etc. Cuando el arquitecto hace un croquis, el trazo de su mano es guiado por un motivo, intención o idea, que se expresa en el resultado, libre y sin mayores condiciones.

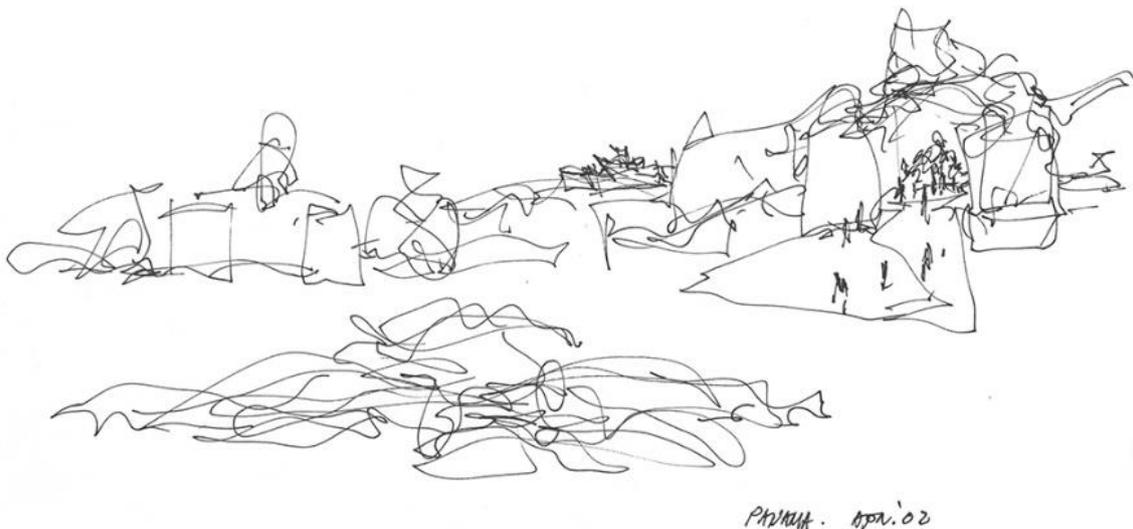


ILUSTRACIÓN 3. FRANK O. GEHRY. 2002. CROQUIS DE PUENTE DE VIDA MUSEO PANAMÁ

1.2.3 Maquetas

La maqueta es un modelo a escala reducida (Real Academia Española, 2001). Mediante la representación plástica, permite visualizar la composición global y formal del proyecto arquitectónico y se convierte en la primera existencia material o tangible de este. Una maqueta bien conseguida da la oportunidad de detectar y corregir elementos que no se han tomado en cuenta en el dibujo, así como apreciar el impacto visual del objeto en una tercera dimensión.

La maqueta, al igual que el dibujo, ha sido un método de representación arquitectónica muy utilizado, posiblemente tan antiguo como el de la historia de la arquitectura, como dice Pedro Azara (2006): "existen maquetas desde tiempos inmemoriales. Se han encontrado incluso maquetas del neolítico en Centroeuropa" (pág. 55). En la actualidad la impresión 3D⁴ permite la creación de maquetas físicas a partir de un modelo digital.

Existen varios tipos de maqueta. Las maquetas de presentación son aquellas que sirven como medios de promoción o propaganda y son utilizadas para que el cliente o usuario final pueda visualizar el proyecto. Estas maquetas pueden tener cierto carácter lúdico y elementos hiperrealistas. Uno de los tipos más utilizados son las maquetas de *trabajo* que son dirigidas al propio autor como herramienta de análisis e inspiración para encontrar una solución o argumento para el proyecto. Las maquetas de levantamiento son aquellas que reproducen fielmente un edificio existente o inexistente, usadas en museos, exposiciones o como piezas decorativas. Cuando la maqueta sirve como medio de enseñanza, se clasifica como maqueta pedagógica.

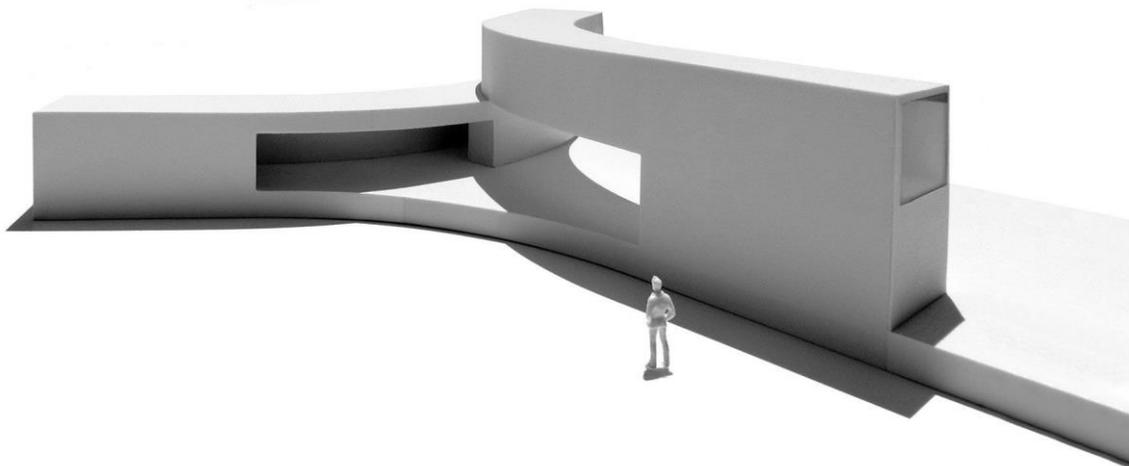


ILUSTRACIÓN 4. FRAN SILVESTRE ARQUITECTOS. 2017. MAQUETA.

⁴ Tecnología que permite la creación de un objeto tridimensional mediante la superposición de capas sucesivas de un material, de forma automatizada.

1.2.4 Dibujo

La arquitectura ha evolucionado sin la fotografía y sin el cine; el uso de maquetas es ocasional; pero del dibujo no se ha prescindido y no se prescindirá nunca, ya que es el mejor medio para pasar de la idea arquitectónica a su realización. (Sainz, 2005, pág. 37)

Como dibujo se define a aquella representación arquitectónica que además de las características formales y visuales tiene en cuenta los aspectos utilitarios, técnicos y constructivos de un proyecto. Jorge Sainz (2005) en el libro, *el dibujo de la arquitectura*, lo define como una representación íntimamente ligada al fin arquitectónico y así lo diferencia de un dibujo artístico que se basa en lo gráfico y no en la finalidad instrumental: "un dibujo de arquitectura consiste en una imagen arquitectónica realizada dentro de un determinado estilo gráfico y con una determinada finalidad arquitectónica" (pág. 43).

Existen diversos procedimientos y formas de dibujar. Las posibilidades gráficas y sus variaciones son casi infinitas, por ello no nos detendremos a hablar de *estilos gráficos* o técnicas pues no existe ningún parámetro para su elección, que depende totalmente de la decisión de quien la realiza. Dentro del dibujo existen diferentes sistemas de representación, tales como: perspectiva, axonometría, plantas, elevaciones o secciones.

En la actualidad, la representación arquitectónica mediante el dibujo sigue siendo una de las más utilizadas para un proyecto, pero ahora mediante ordenador. A partir de la aparición de programas CAD⁵, se ha desplazado completamente a la forma artesanal del dibujo. El CAD ha brindado enormes ventajas al dibujante como la precisión, automatización y sistematización, lo que han reducido el tiempo y esfuerzo para realizar un proyecto.

A pesar de la exactitud y la estructura que tiene el dibujo técnico también contiene diferentes grados de abstracción, gracias a la expresión de las ideas y conceptos por parte del arquitecto. Esta abstracción no suele ser comprendida por los clientes y puede resultar confusa. Christian Norberg-Schulz (1979) afirma: "no sólo porque los dibujos y las maquetas son abstracciones, sino también porque el profano sólo es capaz de percibir los edificios completos y, además, de manera insatisfactoria" (pág. 175).

Con respecto a las limitaciones del dibujo, Bruno Zevi (1998) menciona: "Es evidente que esta técnica de dibujo es del todo incapaz para representar eficazmente los organismos arquitectónicos complejos (...) Allí donde la "caja de muros" no se divide en planos, en paredes simples y autónomas entre sí, sino que es proyección del espacio interno, es decir, cada vez que esta caja sugiere temas prevalentemente volumétricos, la técnica representativa tiene que ser substancialmente distinta" (pág. 46).

⁵ Por sus siglas inglesas CAD (*computer-aided design*), siendo su traducción: *diseño asistido por computador*.

1.2.5 Fotografía

La fotografía es documento y ficción, riguroso registro de la realidad e intencionado relato de la historia. No otra cosa es por su parte la fotografía de arquitectura: desde las sales de plata hasta los bits digitales, sus medios e instrumentos han servido para retratar edificios y ciudades con la objetividad que garantiza su naturaleza técnica, y a la vez con la subjetividad implícita en el ojo que elige el encuadre, segregando del magma del mundo aquello que merece ser representado. (Fernández-Galiano, 2013, pág. 3)

La fotografía tal como la conocemos hoy en día se ha vuelto parte importante en la vida de las personas. Cartier-Bresson (2003) dice: "La fotografía es, para mí, el impulso espontáneo de una atención visual perpetua, que atrapa al instante y su eternidad" (pág. 35). Su presencia es fundamental en varias plataformas, tales como: revistas, anuncios, internet, publicidad o redes sociales. Se la puede considerar como un lenguaje universal al servicio de muchas disciplinas.

Se entiende como fotografía arquitectónica aquella que tiene como motivo principal al objeto o conjunto arquitectónico, el cual debe reproducirse por completo, mostrarse de forma aislada y tener una intención. Linder (1963) comenta sobre la importancia de criterios de composición, punto de vista y luz para que se catalogue dentro de la rama de representación arquitectónica. La historia de la fotografía de arquitectura nace desde el origen de la fotografía misma, pues las primeras imágenes conocidas están asociadas a la arquitectura. "Una vista del patio desde la ventana del taller de Nicéforo Nièpce de 1826, un contraluz de una ventana de la casa de William Henry Fox Talbot, de 1835, y una panorámica del Louvre desde la ribera izquierda del Sena, de Jacques Louis Mandé Daguerre de 1839" (González, 2010, pág. 93).

Zevi (1998) habla de la representación del espacio y explica que la fotografía, tanto como el dibujo y la pintura, está limitada a dos dimensiones y no expresa del todo el espacio de un proyecto. Sin embargo, en la fotografía se puede leer mejor la tridimensionalidad que en otras representaciones. Respecto a la maqueta, la fotografía tiene la ventaja de tener una escala real a nivel del espectador, lo que en la maqueta solo se puede conseguir con trucos fotográficos.

Como la fotografía resuelve en gran medida los problemas de la representación en tres dimensiones, y por ello los problemas de la pintura y de la escultura, así cumple el vasto cometido de reproducir fielmente todo lo que hay en arquitectura de bidimensional y tridimensional, es decir, el edificio entero, pero sin el substantivo espacial. (Zevi, 1998, pág. 47)

Es especial el vínculo que ha mantenido la fotografía, con la arquitectura y el urbanismo. En sus inicios, la fotografía fue una pieza importante a la hora de comunicar a la sociedad los nuevos ideales arquitectónicos. De esta manera se podía expresar mejor y transmitir lo que antes no era posible mediante el texto o el dibujo. En la actualidad tenemos asumida esta relación, es un medio de comunicación indispensable para difundir la obra de los arquitectos.



ILUSTRACIÓN 6. IWAN BAAN. 2014. FOTOGRAFÍA DE LIBRERÍA NACIONAL DE TAIWAN DE TOYO ITO.

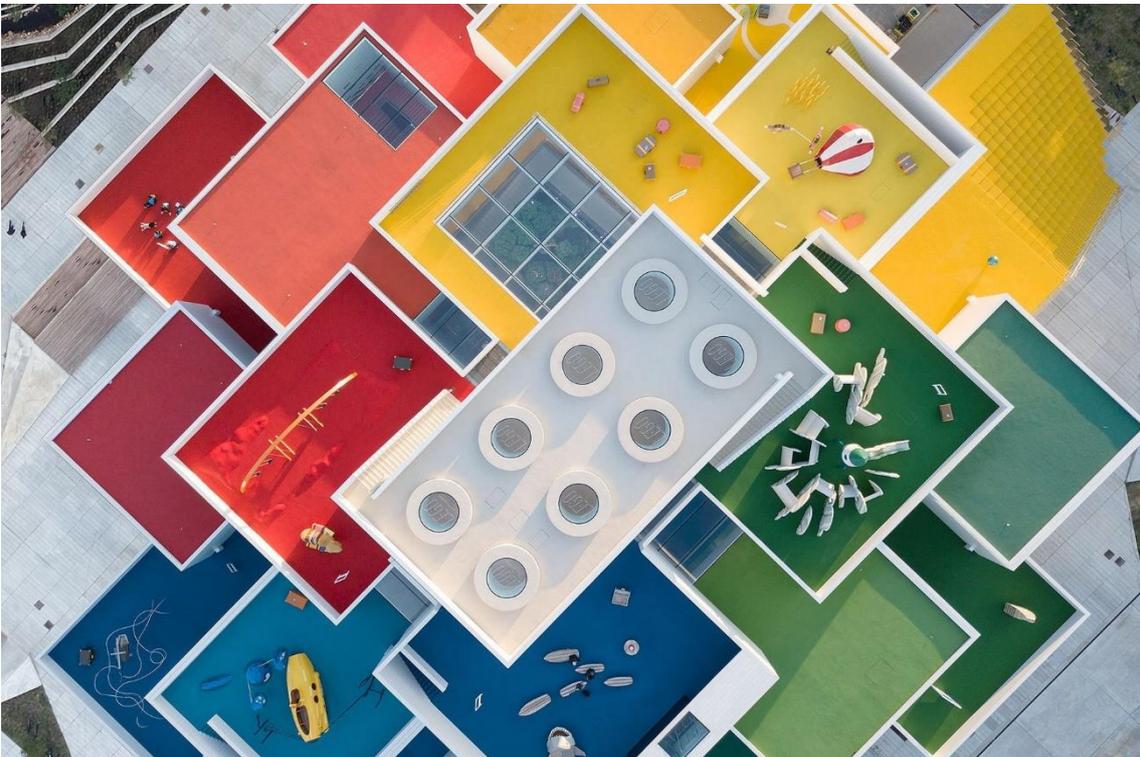


ILUSTRACIÓN 7. IWAN BAAN. 2017. FOTOGRAFÍA DE LEGO HOUSE DE BIG.

1.2.6 Cinematografía

Desde las primeras películas, el cine ha reflejado la vida urbana a través de sus propios medios de representación. Reconsiderar estas películas puede contribuir a entender la formación de estructuras culturales en relación con sus entornos arquitectónicos. (Kale, 2005, pág. 1)

La interacción entre la arquitectura y el cine ha sido persistente desde las primeras películas. El cine es un medio de representación arquitectónica, donde se refleja la vida urbana, los edificios y espacios, con herramientas únicas e introduciendo una ventaja frente a las otras formas de representación: el factor tiempo. Con la aparente tridimensionalidad, la cámara explora una realidad estética, enriquecida por el relato que nos narra y encapsulando el tiempo y el espacio de una forma documental.

El cine permite interrelacionar a las personas con el mundo de una forma inusual. Mediante la narrativa, la ficción y la representación de la realidad, se pueden visualizar lugares en los que nunca se había estado. Experimentar e imaginar espacios a través de la pantalla y una serie de impresiones visuales en movimiento que están más cerca de la percepción directa que otras formas de representación arquitectónica.

Lo que más nos motiva del cine a los arquitectos es su capacidad de representar los espacios en movimiento. En cualquier de sus matices, el cine, ineludiblemente, se ha convertido en un pretexto para repensar la arquitectura. (Devesa, 2011, pág. 9)

El cine ha mostrado infinidad de escenas donde la arquitectura está en la mira de los espectadores, desde pequeños escenarios interiores con extraordinario detalle, hasta ciudades espectaculares que entrelazan la realidad con la ficción. Aunque se crean cientos de escenarios artificiales, muchos directores han optado por dar protagonismo a una arquitectura real, inmortalizando estilos y obras arquitectónicas de gran relevancia, como es el caso de Cohn & Duprat (2009) en la película: *Un hombre de al lado*, que se filmó en la casa Curuchet de Le Corbusier. El modo en como un director piensa al hacer cine se puede comparar con el de un arquitecto, existen sinergias, desde el modo de proyectar y reflexionar, hasta el momento de su producción y posterior difusión.

La cinematografía ha servido como una herramienta para analizar, teorizar y visualizar la arquitectura desde otra perspectiva, por lo que sus características propias se vuelven útiles a la hora de aprender y enseñar arquitectura ⁶. Cabe destacar los cortometrajes en festivales como FICARQ⁷ donde se busca la conexión entre arquitectura y cine. En la actualidad, las técnicas Digitales en el cine han permitido la creación de escenografías que antes hubiesen sido imposibles. Entornos y ciudades medievales, futuristas o fantásticas se pueden visualizar en películas como: la trilogía de *El Señor de los Anillos* (2001-2003), la trilogía *El caballero de la noche* (2005-2012) o en la serie de televisión *Juego de Tronos* (2011-2019).

⁶ Un ejemplo de ello es: *Antonio López en El sol del membrillo: una lección de arquitectura*. (Nieto, 2015)

⁷ *Festival internacional de arquitectura y cine de España*. Ver: <http://www.ficarq.es/>

Al igual que otros medios de representación arquitectónica, el cine no sustituye a la experiencia física. La reproducción sobre la pantalla de un recorrido con lenguaje cinematográfico puede ser confusa y alejada de la realidad. Zevi (1998) dice: "Falta, también en la representación cinematográfica, aquel resorte de participación completa, aquel motivo de voluntad y aquella conciencia de libertad que advertimos en la experiencia directa del espacio" (pág. 49).



ILUSTRACIÓN 8. MARIANO COHN. 2009. FOTOGRAMA DE LA PELÍCULA "EL HOMBRE DE AL LADO" DENTRO DE LA CASA CURUCHET.



ILUSTRACIÓN 9. PETER JACKSON. 2003. FOTOGRAMA DE LA RECREACIÓN DE LA CIUDAD DE MINAS TIRITH DE J. R. TOLKIEN EN LA PELÍCULA: "EL SEÑOR DE LOS ANILLOS: EL RETORNO DEL REY"

1.2.7 Fotogrametría

La fotogrametría es una técnica de obtención de representaciones gráficas a través de fotografías con información métrica. El objetivo principal de esta técnica es representar con precisión la posición de un objeto en el espacio. Se puede clasificar de múltiples maneras, según la medición, método utilizado o en función del sensor (Buill, Nuñez, & Rodríguez, 2007).

Photogrammetry and Remote Sensing is the art, science, and technology of obtaining reliable information from noncontact imaging and other sensor systems about the Earth and its environment, and other physical objects and processes through recording, measuring, analyzing and representation⁸. (ISPRS, 2000)

El término de fotogrametría fue introducido en 1858 por el arquitecto Albrecht Meydenbauer, quien tuvo la idea de usar fotografías para la documentación y medición de edificios (Albertz, 2002). A partir de esa época el avance y desarrollo de nuevas tecnologías han dotado a la fotogrametría de múltiples instrumentos que han permitido su evolución. Si bien es una técnica de representación que existe desde hace más de un siglo, desde el desarrollo de la informática a partir de 1980 se habla de fotogrametría digital⁹.

A la técnica de la fotogrametría se le han sumado programas CAD que han constituido un auténtico binomio. En la actualidad existe software especializado en fotogrametría, donde es posible realizar un modelo digital tridimensional a partir de unas cuantas fotografías. Para ciertos tipos de levantamientos, otros medios pueden ser muy lentos y laboriosos si se quiere alcanzar un cierto grado de precisión. La fotogrametría es ideal cuando se trata de grandes tamaños o elementos con una decoración muy compleja

Fotogrametría debería no solo ser sinónimo de precisión, sino sobre todo de rapidez y eficacia en la documentación, de un sistema idóneo para generar modelos 3D en CAD, de posibilidad de crear bases de datos, de ofrecer soluciones eficaces en acciones de emergencia, etc. (Almargo, 2003, pág. 3)

La fotogrametría se puede usar para aplicaciones de todo tipo, pero principalmente ha sido utilizada en el ámbito topográfico o cartográfico, para arquitectura, arqueología, ingeniería y escultura. Una de las aplicaciones más populares que usa fotogrametría es en *Google Earth*¹⁰ que fue lanzada en el 2005¹¹ y permite visualizar distintas capas de cartografía basada en fotografías satelitales, aéreas y terrestres. A lo largo de sus versiones se han implementado múltiples mejoras, tales como: incorporación de modelos 3d, exploración por *Street View*¹² y más recientemente imágenes tridimensionales basadas en fotografías y tecnología *LIDAR*¹³.

⁸Traducción: *La fotogrametría y la percepción remota son el arte, la ciencia y la tecnología para obtener información confiable de sistemas de imágenes sin contacto y otros sistemas de sensores sobre la Tierra y su entorno, y otros objetos y procesos físicos mediante el registro, medición, análisis y representación.*

⁹ Entendemos como *fotogrametría digital* a la conversión de la imagen analógica mediante ordenador, en un sistema de medida basado en píxeles.

¹⁰ Programa informático de Google, que muestra el globo terrestre de una forma virtual con datos SIG de todo el mundo.

¹¹ Fue creado bajo el nombre de *EarthViewer 3D* por Keyhole Inc, en el 2001. Google adquirió la compañía en el 2004.

¹² Navegación a nivel de la calle mediante fotografías panorámicas y láser

¹³ Acrónimo del inglés: *Light Detection and Ranging* o *Laser Imaging Detection and Ranging*



ILUSTRACIÓN 10. N. MARQUÉS. 2019. MODELO 3D RECREADO EN BASE A FOTOGRAMETRÍA DEL COLISEO ROMANO.



ILUSTRACIÓN 11. GOOGLE EARTH. 2019. LEVANTAMIENTO FOTOGRAMÉTRICO 3D DE LA CIUDAD DE MANHATTAN-NEW YORK.

1.2.8 Representación Digital

Con la aparición y proliferación de los ordenadores a partir de 1950, surgieron cambios radicales que han influenciado de manera directa en la sociedad. Esta etapa de cambio se conoce como revolución digital¹⁴, la cual abrió las puertas a la actual era informática, donde predominan las telecomunicaciones y la tecnología digital. Hasta hace poco era difícil pensar que el papel u otros medios físicos pierdan el puesto como principal medio de transmisión de información gráfica, pero en los últimos años el avance vertiginoso en hardware y software ha permitido la creación de múltiples herramientas de representación digital.

En 1962, Ivan Sutherland escribió el primer sistema interactivo de gráficos por ordenador, mediante el cual fue posible dibujar líneas en una pantalla, este fue el inicio del dibujo asistido por computador (Sutherland, 1963). Para ese entonces, el ordenador no era atractivo en el campo de la arquitectura, pues resultaba un producto muy costoso y por su difícil implementación no representaba una ventaja frente al dibujo artesanal. Por ello durante mucho tiempo los arquitectos se mostraron reacios a incorporar el ordenador para tareas gráficas y de diseño. No fue hasta mediados de los años ochenta con la producción de los primeros ordenadores personales que se empezó a desarrollar software de dibujo como *AutoCad* o *RoboCad* y poco a poco fueron apareciendo programas enfocados a la arquitectura (Sainz & Valderrama, 1992).

Gracias al ordenador ha sido posible integrar imágenes, vídeos, sonido y modelos digitales tridimensionales en un solo dispositivo o en un mismo espacio virtual, lo que ha permitido establecer conexiones que de otra forma no es posible. Mediante el internet se puede acceder a repositorios virtuales o espacios de almacenamiento centralizados donde se carga y descarga información digital. Esto permite copiar, reusar y compartir los archivos fácilmente con múltiples propósitos.

En la actualidad los medios digitales son indispensables en cualquier despacho de arquitectura, el ordenador se ha convertido en un instrumento de uso diario. La representación arquitectónica digital no necesariamente reemplaza los medios tradicionales de representación arquitectónica, pero si introduce medios visuales más potentes, que permiten la creación de formas de gran complejidad y la producción de elementos que de otra forma resultan muy complejos o imposibles de realizar. Las nuevas posibilidades de representación han dotado a los arquitectos de múltiples soluciones para nutrir el proceso de diseño, transmitir mejor el proyecto y hacer más eficiente la construcción. "Puede ser la mayor revolución en el campo de la representación desde la invención renacentista de la perspectiva o desde la codificación geométrica del siglo XVIII" (Uria, 2007, pág. 50).

Uria (2007) Menciona que estamos ante un cambio de paradigma en cuanto la representación arquitectónica que posiblemente influye también en la misma concepción de la arquitectura. Las nuevas posibilidades tecno-gráficas permiten que todo lo pensable sea representable y que a su vez todo lo representado sea realizable. El pensamiento arquitectónico se nutre de las herramientas de representación, y gracias a las facilidades que ofrecen los actuales sistemas

¹⁴ La *revolución digital* es el cambio radical de tecnologías a partir de 1950, debido a la evolución de la tecnología mecánica, analógica y electrónica a tecnología digital, gracias al desarrollo de la informática.

digitales cada vez es más sencillo simular virtualmente cualquier cosa que se pueda imaginar, para posteriormente compartir esa información y que el proyecto se convierta en algo tangible.

Carazo (2011) afirma que los actuales medios informáticos permiten pensar cosas que antes de su aparición no se alcanzaba a intuir, por lo que no se puede negar las innegables ventajas que aporta la tecnología digital en el diseño de un proyecto de arquitectura. "En este sentido, no se debería hablar tanto de dibujo asistido por ordenador, sino incluso considerar la idea de proyecto asistido por ordenador" (Carazo Lefort, 2011).

Existen múltiples formas para diseñar y representar arquitectura en el espacio digital, a continuación, se nombran algunos términos y herramientas destacadas:

- **CAD.** Del inglés (*computer-aided design*). Es una tecnología que permite crear una imagen o un dibujo mediante el ordenador, se ha convertido en un gestor gráfico y un medio de expresión muy utilizado. Se puede dividir en programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Ejemplo de programas CAD son: *AutoCad, FreeCad, Qcad*.
- **BIM.** Del inglés (*Building Information Modeling*). Es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Son programas CAD que incorporan información geométrica en 3D, control de costes, mantenimiento, etc. Ejemplo de programas con el sistema BIM son: *Revit, Archicad, Allplan*.
- **Modelador 3D.** Si bien muchos programas CAD utilizan técnicas 2D tanto como 3D, existen programas especializados en modelar objetos. El proceso para conseguir un gráfico en tres dimensiones cuenta con 3 etapas básicas: la creación del modelo digital, la composición de la escena (iluminación, animaciones, cámaras, materiales, etc) y el *renderizado*¹⁵. Ejemplo de programas de modelado 3D son: *3DsMax, Maya, Blender*.

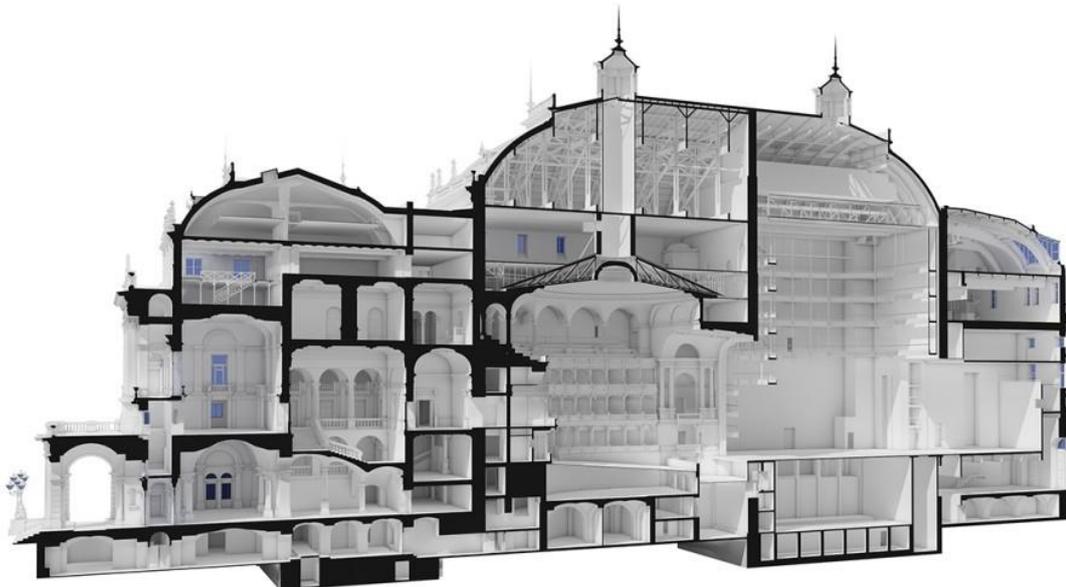


ILUSTRACIÓN 12. ©CÉH. 2019. SECCIÓN DE HUNGARIAN STATE OPERA REALIZADA EN EL PROGRAMA ARCHICAD

¹⁵ (Del inglés: *rendering*) Anglicismo usado en jerga informática para referirse al proceso de generar una imagen o animación inteligible para el ser humano producida por ordenador a partir de información digital.

Una imagen o animación producida por ordenador se forma a partir de un espacio 3D que se define por la geometría o estructuras poligonales. Para conseguir un producto hiperrealista se tiene que seguir un proceso complejo que simule correctamente la iluminación, los materiales y texturas del mundo físico. En la actualidad los motores de renderizado logran obtener resultados que son fácilmente confundibles con una fotografía. En general, al momento de trabajar en un programa de modelado 3D no es posible visualizar el resultado en *tiempo real*¹⁶ (por lo menos no sin un cálculo previo) por lo que hay que esperar al proceso de renderizado. Sin embargo, en la actualidad con la evolución en el hardware y software cada vez se desarrolla más la visualización en tiempo real, por el momento la industria de los videojuegos es el mejor referente en la evolución de esta tecnología.

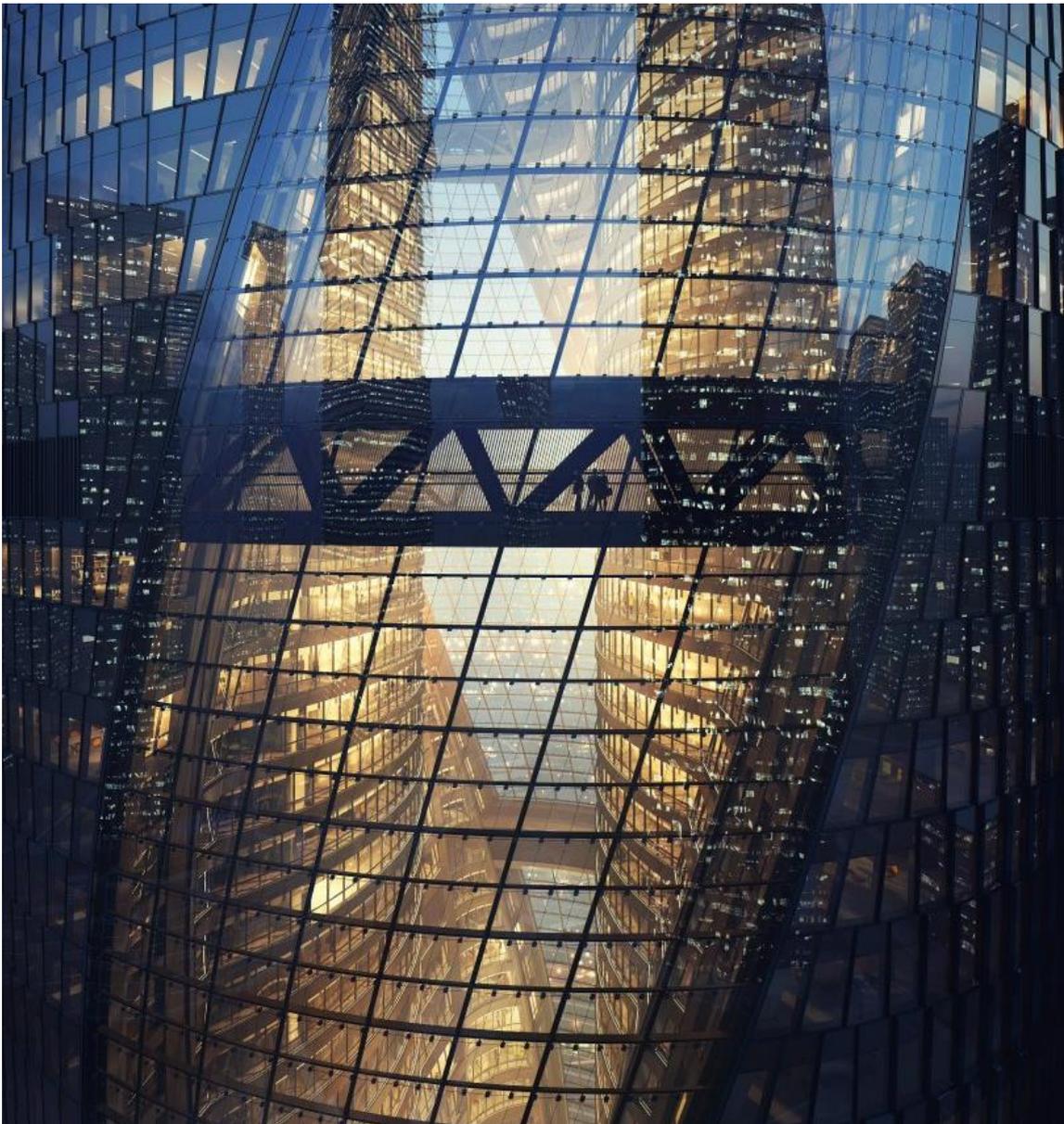


ILUSTRACIÓN 13. ZAHA HADID ARQUITECTOS. 2019. IMAGEN RENDERIZADA DEL EDIFICIO LEEZA-SOHO.

¹⁶ Los gráficos en *tiempo real* son aquellos en el cual el objeto visualizado se muestra de forma instantánea, al igual que cualquier cambio producido en la escena, sea de iluminación o un cambio en el punto de vista.

La tecnología digital puede ser representada o visualizada, mediante varias plataformas o dispositivos de salida, como:

- **Monitor o pantalla:** Es la forma más común y conocida para proyectar la tecnología digital. Puede ser la pantalla de un ordenador, un móvil, televisor, etc. Para poder interactuar con el modelo digital se necesita de una interfaz y de medios de entrada. En el caso del ordenador es común utilizar el sistema *WIMP*¹⁷ y en el caso de un móvil mediante una pantalla táctil.
- **Realidad Aumentada:** Es una tecnología que permite la visualización e interacción de información digital y sobreponerla en el mundo real, mediante cámaras y un dispositivo de visualización (pantalla, proyector, gafas, etc).
- **Realidad Virtual:** Es una tecnología que permite visualizar e interactuar con un entorno digital de una forma inmersiva, a través de gafas o cascos de realidad virtual.
- **Realidad Mixta:** La realidad mixta es una tecnología que mezcla la realidad virtual con la realidad aumentada, es lo más cercano a la fusión del mundo real con el mundo digital. Los dispositivos de realidad mixta escanean el mundo físico en tiempo real y mediante esa lectura se agrega el contenido digital. Como ejemplo son las gafas *HoloLens* de Microsoft y las gafas de *Magic Leap*.



ILUSTRACIÓN 14. MICROSOFT. 2019. GAFAS DE REALIDAD MIXTA HOLOLENS 2.

¹⁷ WIMP es un acrónimo del inglés: "windows, icons, menus, pointer". Es un tipo de interacción gráfica que utiliza ventanas, iconos, menús y puntero.

CAPÍTULO

02

ARQUITECTURA Y VIDEOJUEGOS

Play should not be seen in isolation. It is not an activity that can be easily detached from its context, its consequences, or the objects and spaces created to foster and host it. That's why a study of play needs to pay attention to the objects of play, to the playthings we create¹⁸. (Sicart, 2014, pág. 35)

¹⁸ Traducción: *El juego no debe ser visto de forma aislada. No es una actividad que se pueda separar fácilmente de su contexto, sus consecuencias, o con los objetos y espacios creados para alojarlo. Es por lo que el estudio del juego necesita prestar atención a los objetos del juego, a los elementos lúdicos que creamos.*

2.1 Actividad Lúdica

Existen muchas y variadas definiciones para describir la actividad lúdica o el juego. Uno de los primeros libros que abordaron el fenómeno lúdico fue *Homo Ludens* del filósofo e historiador Johan Huizinga. Huizinga (1972) afirmó que jugar es una característica inherente para el ser humano y para otras especies, que el ser humano no aprende a jugar: nace jugando. Bajo esta premisa llegó a la conclusión de que el aspecto lúdico es más viejo que la cultura, pues la cultura surge en forma de juego, es decir que en sus fases primarias tiene algo de lúdico. De esta manera, el juego está presente en todas las culturas. A medida que crece una cultura, el concepto de juego se hace más complejo y tiene más implicaciones, así como está limitado por las palabras de cada lenguaje pues no todos los idiomas abarcan el concepto de juego o la acción de jugar con una sola palabra.

Jugar es una acción u ocupación libre, que se desarrolla, según reglas absolutamente obligatorias, aunque libremente aceptadas, acción que tiene su fin en sí misma y va acompañada de un sentimiento de tensión y alegría y de la conciencia de «ser de otro modo» que en la vida corriente. (Huizinga, 1972, pág. 45)

Una de las características formales más importantes de jugar, es la abstracción especial de la acción del curso de la vida corriente. Se desarrolla en un espacio y tiempo, separado del ambiente cotidiano. La actividad lúdica presenta, entre otras, las siguientes características:

- Actividad libre
- Carácter desinteresado
- Limitación espacial y temporal
- Ritmo y armonía
- Tensión: incertidumbre, azar
- Conjunto de Reglas
- *Como sí*: Extravagancia, misterio
- Representación: el actor juega y sabe que juega

Desde una posición más actual, Sicart (2014) defiende que jugar no tiene por qué ser divertido, o limitarse a una acción lúdica inofensiva y positiva. Menciona que jugar es placentero, pero el placer no siempre está sumiso al disfrute, a la felicidad o a rasgos positivos. Jugar también puede ser peligroso, antisocial o corrompedor. La acción lúdica es una manifestación de la humanidad utilizada para expresar y estar en el mundo.

Una manera de entender la actividad lúdica es a través de sus manifestaciones. El académico y experto en juegos Andrzej Marczewski, propone la utilización del término Pensamiento lúdico, para abarcar y clasificar varias categorías que se relacionan con la actividad lúdica. En el libro *Game thinking*, Marczewski (2015) define el término como: “*The use of games and game-like approaches to solve problems and create better experiences*” (pág. 1)¹⁹. Dentro del pensamiento lúdico, se estudian seis categorías principales: Inspiración a partir de un juego, gamificación, simulaciones, juegos, juegos serios y juguetes.

¹⁹ Traducción: *El uso de juegos y enfoques parecidos a juegos para resolver problemas y crear mejores experiencias*

2.1.2 Pensamiento lúdico

- **Diseño lúdico.** Esta categoría representa a los productos que son diseñados a partir de ideas inspiradas en un juego. Es decir, es aquello que tiene la intención de tener una apariencia divertida y entretenida pero no es un juego. El diseño lúdico se usa generalmente para la creación de interfaces de usuario, imágenes o animaciones.

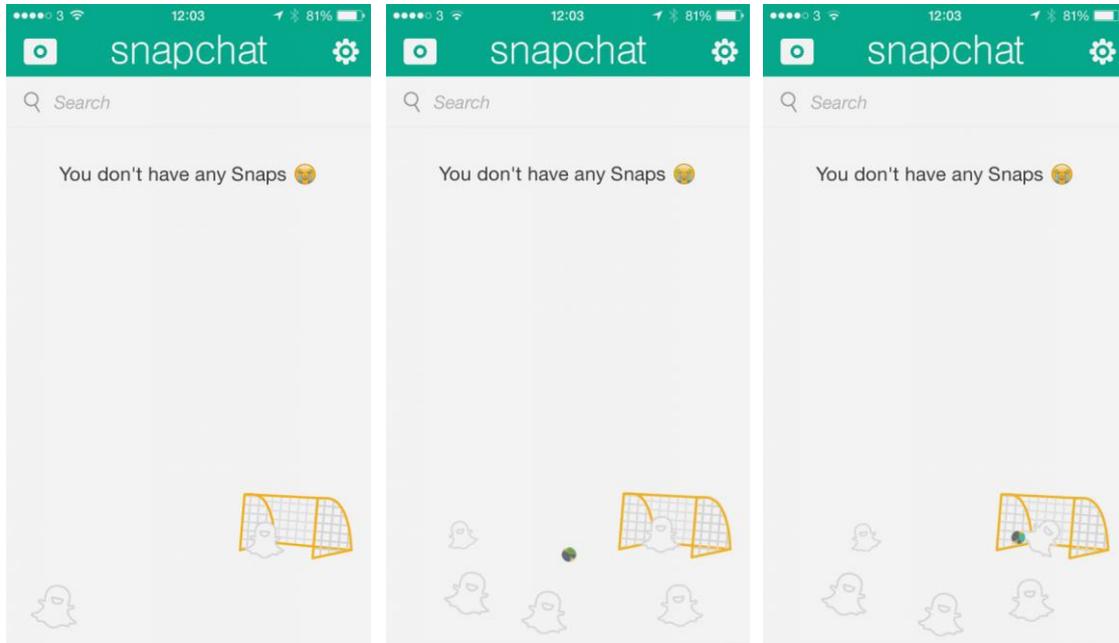


ILUSTRACIÓN 15. ANDRZEJ MARCZEWSKI. 2014. EJEMPLO DE DISEÑO LÚDICO EN LA APLICACIÓN *SNAPCHAT*

- **Gamificación²⁰.** Se define como gamificación al uso de técnicas y herramientas propias de los juegos en otro tipo de contextos y actividades. Kapp (2013) divide a la gamificación en dos tipos: **Gamificación de contenido**, donde se aplican características lúdicas para alterar el contenido y asemejarlo a un juego. **Gamificación estructural**, donde se aplican características lúdicas para motivar o premiar, pero sin modificar el contenido.

²⁰ Gamificación es un anglicismo del inglés *gamification*. Su traducción literal sería: *ludificación*.

- **Simulaciones.** Es una representación de entornos o situaciones del mundo real, con fines de entrenamiento, reclusión o pruebas en un ambiente seguro. No son considerados como juegos serios ya que no necesitan todas las características de un juego para funcionar. Tampoco necesitan ser didácticos ya que su intención principal no es enseñar sino practicar y analizar los resultados. Empresas como *Virtual Heroes*²¹ se dedican a crear soluciones virtuales para el mundo real mediante tecnología lúdica digital. Uno de sus clientes principales es el gobierno de Estados Unidos para el cual trabajan en áreas de educación, salud, entrenamiento militar y la NASA.



ILUSTRACIÓN 16. VIRTUAL HEROES. 2014. SIMULADOR DE MÉDICO DE COMBATE.

- **Juegos.** De Koven (2013) replantea la división entre la actividad lúdica y juego como la diferencia entre aquellos que definen el juego como una acción lúdica generada por el usuario y, por el contrario, los que presentan como un sistema de reglas diseñado. En este contexto, la acción lúdica o el jugar, está compuesto por reglas implícitas y empieza a convertirse en un juego cuando se le añade reglas explícitas.

Debido a la diversidad de juegos, definir el concepto no es fácil. Adams (2014) los define de la siguiente manera: *Games are a type of play activity, conducted in the context of a pretended reality, in which the participant(s) try to achieve at least one arbitrary, nontrivial goal by acting in accordance with rules.* (pág. 1)²².



ILUSTRACIÓN 17. CHESS.COM. 2017. JUEGO DE AJEDREZ EN LÍNEA.

²¹ Véase en la página web en: <https://www.virtualheroes.com/>

²² Traducción: Los juegos son un tipo de actividad lúdica, llevada a cabo en el contexto de una realidad fingida, en la que el participante (s) intenta lograr al menos un objetivo arbitrario, no trivial, actuando de acuerdo con las reglas.

- **Juegos Serios.** Son juegos completos, que tienen otros objetivos o propósitos aparte del entretenimiento. Se utilizan en diversos campos como comunicación, política, medicina, educación, negocios, ingenierías, entrenamiento militar etc. Desde que Clark C. Abt (1987) introdujo el término de Juegos Serios en 1970, el concepto ha sido muy estudiado y debatido. Algunas universidades y empresas investigan sus aplicaciones e impactos, por ejemplo, la Universidad de Coventry, creadora del Instituto de Juegos Serios²³ donde se los analizan junto a una red de universidades y especialistas de diferentes campos alrededor del mundo.

Los juegos serios han capturado el interés del mercado y en la actualidad están considerados por muchos como un género²⁴ específico. Los juegos serios abarcan subcategorías como los **Juegos didácticos**, enfocados en la enseñanza y aprendizaje. También los **juegos específicos**, que son aquellos que al jugarlo presentan resultados directos para un propósito determinado en el mundo real. Los **Juegos de concientización**, son aquellos creados para informar y difundir un mensaje. Por último, los **juegos para publicidad (advergaming²⁵)**, también pueden ser considerados dentro de este género, ya que su objetivo principal es la publicidad y no el entretenimiento.

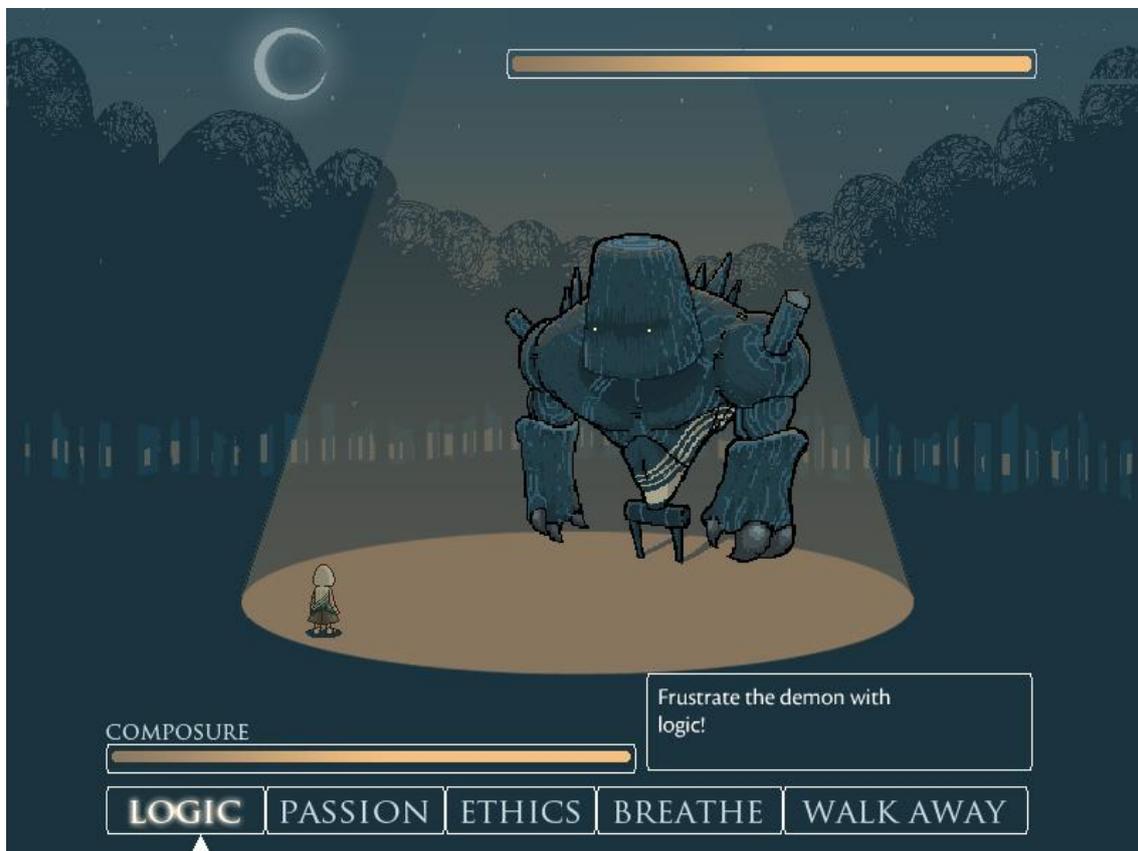


ILUSTRACIÓN 18. SINGAPORE-MIT GAMBIT GAME LAB. 2011. A CLOSED WORLD. UN JUEGO SERIO EN LA PLATAFORMA GAMES FOR CHANGE QUE SE CENTRA EN LOS DESAFÍOS DE LA COMUNIDAD LGBTQ.

²³ Véase su web en: <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/organisations/serious-games-institute/>

²⁴ Véase eventos enfocados en juegos serios como: Games for health, Games for change, the serious Games Summit, etc.

²⁵ *Advergaming* (del inglés advertising y game) es la práctica de crear y usar videojuegos con fines de publicidad.

- **Juguetes.** Un juego puede depender de objetos o representaciones de objetos, también conocidos como juguetes. Un juguete normalmente no incluye reglas específicas de como jugar. Puede sugerir ciertas maneras de juego, pero esto no es una regla. Existen muchas categorías de juguetes como los **juguetes objeto**, que son aquellos que obedecen solamente a reglas implícitas como la gravedad, su fragilidad o forma (una pelota, un muñeco, etc.) También están aquellos de tipo **Caja de juguetes**, que consisten en todo un conjunto o un entorno, estos contienen reglas implícitas y también ciertas restricciones para el jugador, que pueden ser manejadas a libertad (Lego, Meccano, etc). Por último, los juguetes tipo **Rompecabezas** son aquellos que tienen el objetivo de ser resueltos, sin embargo, no existen reglas de cómo conseguir ese objetivo, los intentos pueden ser infructuosos, pero no prohibidos.

Los juegos tanto como los juguetes han sido motivo de múltiples estudios, exposiciones y debates, esto indica la influencia social y su rol en la cultura. En *Modernist complexity on a Small Scale*, Yagou (2013) analiza los juguetes como elementos técnicos y desde un contexto histórico del diseño. Examina su rol como agentes en el conocimiento y la innovación arquitectónica. En *Architecture on the carpet*, Vale (2013) estudia como los juguetes de construcción influyen en el desarrollo de los niños, para posteriormente influir en el campo del diseño arquitectónico.



ILUSTRACIÓN 19. THE WALL STREET JOURNAL LIVE. 2013. FOTOGRAMA DEL VÍDEO: *HAVE YOU GOT WHAT IT TAKES TO BE A LEGO DESIGNER?*

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DE CATEGORÍAS DEL PENSAMIENTO LÚDICO DIGITAL

	Estética lúdica	Elementos Lúdicos	Mundo Virtual	Jugabilidad	Entretenimiento
Diseño Lúdico	x				
Gamificación	x	x			
Simulación	x	x	x		
Videojuegos Serios	x	x	x	x	
Videojuegos	x	x	x	x	x

2.2 Videojuegos

Los videojuegos son una pequeña parte del universo lúdico. Al igual que otros tipos de juegos, los videojuegos contienen reglas, objetivos y retos, entre otras cosas. Su característica especial es que se desarrollan en un entorno digital elaborado mediante un computador. Un videojuego puede contener en un solo contexto elementos que en otro tipo de juegos no es posible, tales como inteligencia artificial, animaciones, música, sonido, etc. Es una actividad que requiere madurez, pues su estructura es más compleja que la de otros tipos de actividades lúdicas.

Sicart (2014) defiende que los desarrolladores de un juego deben entender cómo los seres humanos disfrutan de la experiencia de jugar, y así poder brindarles los materiales necesarios para conseguir un juego exitoso: *"From interaction design to performance art and game design, the activity of creating play, or invoking playfulness, is slowly becoming intellectual work"*²⁶ (Sicart, 2014, pág. 84).

En el desarrollo de un videojuego influyen muchos factores, por lo que se necesita de profesionales especializados en diferentes campos. En rasgos generales, un videojuego es la suma de diseño, arte y tecnología digital. Con base a los roles de equipo que define Novak (2011) en el libro: *Game development essentials*, se identifican tres principales grupos para su desarrollo²⁷:

- **Equipo de Diseño.** La estructura, el conflicto o la narrativa es creada por el equipo de diseño. Mediante un proceso creativo, dotan al videojuego del componente lúdico y de entretenimiento. Aquí se diseña la jugabilidad, los objetivos, los desafíos, las reglas, el contexto del juego en general.
- **Equipo de Arte.** El arte o las representaciones estéticas son propuestas por el equipo de arte. Es el equipo que crea el aspecto y el entorno del juego para que sea atractivo a los sentidos del usuario. Entre sus competencias incluye la estética de las interfaces, el modelado, las texturas, la animación, la música, apariencia de los personajes, etc.
- **Equipo de programación.** Son quienes manejan el software para configurar o programar el juego en función a los requerimientos del equipo de diseño y de arte. Entre sus competencias esta la programación de las interfaces, conectividad, inteligencia artificial y en general todas las mecánicas y lo relacionado con el aspecto técnico.

Existen muchas formas de clasificar a los videojuegos, generalmente se los clasifica por género según sus mecánicas, por ejemplo, videojuegos lineales o no lineales. Adams (2014) destaca dos grandes tipos: juegos **abstractos** y juegos **representativos**. Si bien hay niveles de abstracción y realismo, en rasgos generales, los juegos abstractos tienen pocos elementos que se asocien con el mundo real y tendrán reglas arbitrarias según la decisión del diseñador. Por otro lado, los juegos representativos son aquellos que están basados en la realidad, por lo que su jugabilidad y entorno tienen características similares al mundo físico.

²⁶ Traducción: *Desde el diseño de interacción hasta el desempeño del arte y diseño del juego, la actividad de crear un juego o invocar diversión, se está convirtiendo lentamente en un trabajo intelectual*

²⁷ No se incluye los equipos administrativos como de producción y marketing.



ILUSTRACIÓN 20. BANDAI NAMCO. 1980. VIDEOJUEGO ABSTRACTO, TIPO LABERINTO, PACMAN.



ILUSTRACIÓN 21. GAIJIN GAMES. 2012. VIDEOJUEGO REALISTA-SIMULACIÓN, WAR THUNDER.



ILUSTRACIÓN 22. BLACK TUSK STUDIOS. 2016. VIDEOJUEGO LINEAL, GEARS OF WAR 4.



ILUSTRACIÓN 23. ROCK STAR GAMES. 2013. VIDEOJUEGO NO LINEAL, GRAND THEFT AUTO V.

2.2.1 Elementos clave

A continuación, se describe brevemente ciertos elementos que se destacan por ser piezas clave en la estructura de un videojuego.

- **Inmersión.** Adams (2014) la define como: *“losing track of the outside world. Immersion is the feeling of being submerged in a form of entertainment, or rather, being unaware that you are experiencing an artificial world”* (pág. 17)²⁸. Clasifica la inmersión en diferentes tipos: inmersión espacial, narrativa, táctica y estratégica.
- **Interacción.** Son las acciones que puede tomar el jugador con el contexto del juego. Se interactúa mediante el dispositivo de entrada y la interfaz, el resultado es una acción en el juego.
- **Interfaz de Usuario.** La interfaz²⁹ es el medio de comunicación entre el usuario y el juego. La interfaz de usuario en un videojuego es más compleja que en otro tipo de software, pues debe estar diseñada tanto para facilitar como para entretener. La interfaz recibe las acciones generadas por el jugador mediante el dispositivo de entrada (como tocar un botón) y muestra los resultados en el dispositivo de salida.
- **Jugabilidad.** Es todo aquello que permite una experiencia desafiante, absorbente y gratificante. Adams (2003) define el concepto como: *“consisting of the challenges that the game presents and the actions the player may take to overcome them”* (pág. 2)³⁰.
- **Mecánicas.** Las mecánicas son el corazón de todo videojuego pues generan la jugabilidad y definen los tipos de desafíos del juego. Determinan como el jugador interactúa y controla los desafíos. A su vez, los desafíos definen el género del juego.
- **Modo de Juego.** El modo de juego es el tipo de jugabilidad que disponemos en el videojuego. Un videojuego puede contener varios modos de juego, pero solo se puede utilizar uno a la vez. Según Adams (2014): *“Consist of the particular subset of a game’s total gameplay that is available at any one time in the game, plus the user interface that presents that subset of the gameplay to the player”* (pág. 40)³¹.
- **Modelo de cámara.** Para poder mostrar el contexto del videojuego o un mundo virtual al jugador, el diseñador usa una cámara hipotética dentro del videojuego. Se identifican dos modelos de cámara: estática y dinámica.
- **Tiempo real.** Una de las principales características de un videojuego es que presentan información en tiempo real. Es la información que se muestra en pantalla de manera instantánea. Así, cualquier cambio en la escena (iluminación, animaciones, puntos de vista, etc.) se ve reflejado inmediatamente.

Si bien un videojuego puede estar compuesto por muchos elementos, los que se han nombrado suelen ser los más importantes. Es necesario conocer estos conceptos para comprender la base de la tecnología lúdica digital y sus posibles aplicaciones.

²⁸ Traducción: *Perder el rastro del mundo exterior. La inmersión es el sentimiento de estar sumergido en una forma de entretenimiento, o más bien, desconocer que estás experimentando un mundo artificial.*

²⁹ La RAE define el término como: *Inform. Conexión, física o lógica, entre una computadora y el usuario, un dispositivo periférico o un enlace de comunicaciones.* (Real Academia Española, 2001).

³⁰ Traducción: *Consiste en los desafíos que presenta el juego y las acciones que puede tomar el jugador para superarlos.*

³¹ Traducción: *Consiste en un modo particular de la jugabilidad general del videojuego que está presente en cualquier momento, incluye la interfaz de usuario que presenta este modo de juego al jugador.*

2.2.2 Mundo Virtual

A excepción de ciertos videojuegos abstractos, los videojuegos normalmente cuentan con mundos virtuales, entornos creados para que la experiencia sea más inmersiva y atractiva. “*A game world is an artificial universe, an imaginary place in which the events of the game occur*”³² (Adams, 2014, pág. 137). Según Adams (2014) los mundos de los videojuegos son mucho más que la suma de imágenes, sonidos y objetos, pueden tener una cultura, un estilo, un conjunto de valores y otras cualidades. Su función principal es la de entretenimiento, mediante un entorno para explorar e interactuar, pero también cumple un papel en las ventas del videojuego, pues en muchos casos es lo que más atrae a los usuarios.

Un videojuego u otras aplicaciones con tecnología lúdica se conforman por muchas propiedades, algunas de ellas se relacionan entre sí, formando grupos o dimensiones. Cada dimensión se considera y se desarrolla en mayor o menor grado según el producto o según el mundo virtual que se quiera producir. A continuación, se describe brevemente ciertas dimensiones de un mundo lúdico virtual.

- **Dimensión física.** El mundo de un videojuego simula, hasta cierto punto, un espacio físico. Adams (2014) afirma que las propiedades físicas del espacio ayudan a determinar una jugabilidad exitosa o no. Las propiedades físicas en un videojuego están relacionadas con la dimensión espacial (2D, 2.5D, 3D Y 4D), escala y los límites del juego.
- **Dimensión temporal.** Una de las características que puede tener un videojuego es el factor tiempo, en esta dimensión se define como el tiempo afecta o no al mundo del videojuego y a la jugabilidad.
- **Dimensión ambiental.** Es el entorno, la atmósfera y la apariencia del mundo. Esta dimensión determina que hay en el espacio y es la base para crear las estéticas y el estilo del juego. Se relaciona con el contexto cultural y entorno físico (como se ve y como suena).
- **Dimensión emocional.** Es la dimensión en la que las emociones afectan al jugador al momento de experimentar el mundo de un videojuego. En un videojuego con cierta complejidad y narrativa elaborada, el diseñador debe pretender que el jugador sienta ciertas emociones cuando juega o cuando explora un espacio.
- **Dimensión ética.** Es aquella que define que está bien y que está mal en contexto del mundo. En este punto, el diseñador establece cierta moralidad para que el jugador se comporte de cierta manera para ganar o perder el juego.
- **Realismo.** Adams (2014) defiende que cualquier videojuego, sin importar el nivel de realismo que tenga, tiene un grado de abstracción, pues es imposible simular la vida real en todas sus dimensiones. El realismo no se aplica a un solo aspecto, es decir, un videojuego puede tener gráficos muy realistas pero físicas no realistas. El nivel de realismo en un videojuego depende de los objetivos del juego y la jugabilidad que se quiera conseguir.

³² Traducción: *El mundo de un videojuego es un universo artificial, un lugar imaginario donde los eventos del juego ocurren.*

2.2.3 Interfaz

La interfaz en el campo de la informática es el medio de comunicación entre el usuario y un equipo, computadora o dispositivo, que comprende todos los puntos de contacto entre ambos (software, periféricos, etc.). Por lo que es de fundamental importancia para la interacción con un ordenador y su sistema operativo, videojuego o cualquier dispositivo que pretenda tener una conexión con el ser humano.

El término interfaz entre el hombre y el ordenador, o interfaz de usuario, describe las maneras en que este interactúa con el equipo. Comprende los dispositivos de entrada y salida física de datos como el monitor, el teclado y el ratón. Integra también las metáforas que se usan para conceptualizar la organización de los datos informáticos (...) Por último, la interfaz de usuario incluye también maneras de manipular los datos, es decir, una gramática de las acciones significativas que el usuario puede realizar con ella. (Manovich, 2005, pág. 119)

Existen varias formas de interacción persona-ordenador (IPO) que se han ido puliendo con los años con el objetivo de que sea cada vez más fácil la comunicación con un ordenador. Para esta interacción existen interfaces que permiten una comunicación lo más natural posible y con un mínimo de esfuerzo por parte del usuario, también existen otras que requieren experiencia y conocimientos para ser utilizadas. El desarrollo de una interfaz viene condicionado por el tipo de usuario que va a interactuar y el dispositivo en el cual se va a utilizar. En términos generales se identifican los siguientes tipos de interfaces:

- **Interfaz con línea de comandos.** Permite dar instrucciones al programa por medio de líneas de texto. Esta interfaz existe casi desde los comienzos de la computación y aún es de uso fundamental para programadores o administradores de sistema como principal herramienta de trabajo, incluso es de uso común en programas de dibujo como *Autocad*.
- **Interfaz gráfica de usuario.** Permite la interacción entre el dispositivo y el usuario mediante un lenguaje visual e interactivo a través de objetos, iconos, imágenes, menús o gráficos que representan órdenes. Normalmente se necesitan periféricos para su control como es un ratón, teclado, palancas, etc.
- **Interfaz natural de usuario.** Se interactúa con el sistema de una manera directa e intuitiva a través los sentidos sin depender necesariamente de periféricos. La interacción es sencilla y amigable con el usuario y puede llevarse a cabo de múltiples formas como es la interacción basada en el habla mediante dispositivos con sistema de reconocimiento de voz como *Siri* o *Alexa*, en el movimiento corporal como en el *Xbox Kinect*, en el tacto mediante pantallas multitáctiles, etc.

La interfaz de un videojuego es el punto intermedio entre las mecánicas del juego y el jugador. Convierte las pulsaciones del teclado, los clics del ratón, o cualquier medio de entrada, en acciones dentro del juego. Acepta los desafíos de la jugabilidad y los convierte en gráficos, sonidos u otros medios de salida como vibraciones o luces. Según autores como Anderson (2011) para que la interfaz en un videojuego sea eficiente debe ser fácil de usar, pero sobre todo debe tener una buena estética y así ser atractiva al usuario. Dos partes importantes de la interfaz de usuario son los modelos de cámara y modelos de interacción.

- **Modelos de cámara.** Para poder mostrar un espacio físico simulado en un mundo virtual, se utiliza una cámara hipotética que puede ser de diferentes tipos según el punto de vista o un ángulo en particular. Esta cámara funciona como la vista del personaje por lo que actúa como interfaz entre el jugador y el mundo virtual. Se identifican dos modelos de cámara: estática y dinámica. Las cámaras de tipo estático son aquellas que solo muestran un punto de vista, mientras que las de tipo dinámico permiten una experiencia más inmersiva y se usan tanto en juegos 2D (cámara cenital, isométrica, etc.) Como en 3D (primera persona, tercera persona, etc.).
- **Modelos de interacción.** La interfaz convierte las entradas del hardware utilizado por el jugador en acciones dentro del mundo virtual. Los modelos de interacción dictaminan la relación entre las entradas del usuario y las acciones. Generalmente los videojuegos utilizan modelos de interacción estándar como: multi presencia, basado en un avatar, modelo concurso, etc.

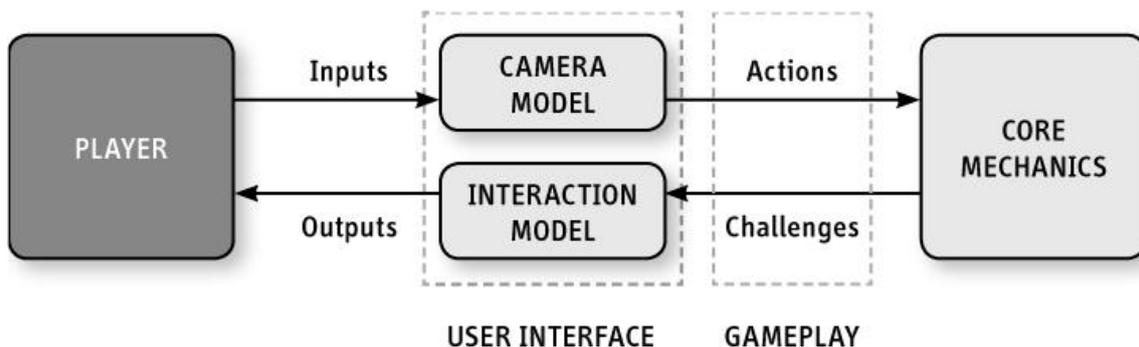


FIGURA 3. ADAMS. 2014. CONEXIÓN ENTRE JUGADOR, INTERFAZ DE USUARIO Y MECÁNICAS DEL JUEGO.

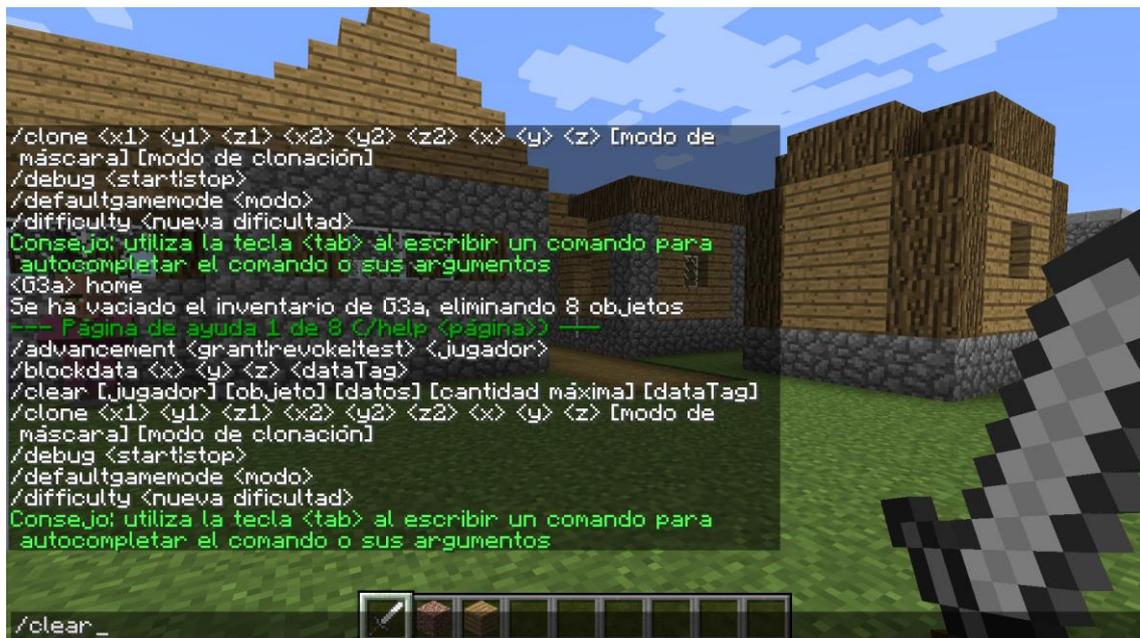


ILUSTRACIÓN 24. MOJANG. 2011. CAPTURA DE PANTALLA EN MINECRAFT, INTERFAZ CON LÍNEA DE COMANDOS.

“Cualquier intento de comprender la producción de sentido del videojuego deberá hacer especial foco en la dimensión de la interfaz, ya que es allí donde el medio cifra procesos comunicacionales específicos que determinan las dimensiones retóricas, temática y enunciativa de los textos videolúdicos.” (Maté, 2008)



ILUSTRACIÓN 25. MAXIS. 2014. CAPTURA DE PANTALLA DE INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO EN SIMS4.



ILUSTRACIÓN 26. MAXIS. 2014. CAPTURA DE PANTALLA DE INTERACCIÓN CON UNO DE LOS OBJETOS DEL ENTORNO EN SIMS 4.

2.3 Arquitectura y Videojuegos

La arquitectura se refiere a edificios y construcciones; pero la arquitectura es más que eso, abarca actividades, organización y estructura espacial. La arquitectura opera en muchos niveles. Los videojuegos son espacios virtuales diseñados, son acciones, reacciones e interacción con el jugador y el juego. Considerando los espacios digitales como un elemento artificial construido por los seres humanos, el entorno de los videojuegos es arquitectónico McGregor (2007).

Los principios y las características propias de la arquitectura en el mundo real, no necesariamente se tienen que cumplir en la arquitectura de un espacio lúdico digital. Esto, debido a que el espacio digital no está habitado por cuerpos reales, no existen leyes físicas y la función de la arquitectura tiene otros propósitos. Adams (2003) estudia ciertos elementos de la arquitectura lúdica digital, descritos a continuación:

- **Escala** A diferencia de la arquitectura en el mundo real, en muchos videojuegos la escala es irrelevante. Es decir, el tamaño de un objeto es tan grande o pequeño según la decisión del diseñador. Por ejemplo, una persona puede tener el tamaño de un edificio y el edificio puede contener otro edificio en su interior. Sin embargo, en videojuegos que simulan el mundo real, se debe considerar una escala relativa.
- **Funciones** Adams (2003) estudia y desglosa dos tipos de funciones. La principal: la de apoyar a la jugabilidad. La secundaria: entretener, informar y crear sensaciones en el jugador mediante el diseño y las estéticas de la arquitectura.
Dentro de la primera función se puede destacar: proteger a los jugadores, dar privacidad, permitir la exploración y el factor sorpresa, etc. Dentro de la segunda función: Dotar al videojuego de una atmósfera, crear espacios que resulten familiares, hacer referencia a estilos arquitectónicos o edificios existentes, crear mundos imaginarios o surrealistas, etc.
- **Costo** El principal costo para realizar arquitectura en un espacio digital es el del *diseño*, a diferencia de los muchos costos que influyen en la vida real (construcción, materiales, tierra, etc.). El diseño está limitado al hardware y software utilizado, por lo que el trabajo de un diseñador también se centra en la optimización y en el nivel de detalle.

Como se ha analizado, la arquitectura lúdica digital tiene sus diferencias con la arquitectura real. Esto, sobre todo por las restricciones que se encuentran en un mundo u otro. La función principal de la arquitectura lúdica radica en ser un soporte para la jugabilidad, pero también puede aportar mucho por sí misma.

It tells the player where she is, but more than that, it also tells her what might happen to her there, how she should feel about it, and what she should try to do about it. Ludic architecture is a somewhat peculiar field, disjoint in many ways from conventional architecture because of the many practical differences between them, but both are based in a profound aesthetic instinct: the urge to create dramatic and meaningful spaces³³ (Adams, 2003, pág. 18).

³³ Traducción: *Le dice a la jugadora dónde está, pero más que eso, también le dice qué podría pasarle allí, cómo debería sentirse al respecto y qué debería tratar de hacer al respecto. La arquitectura lúdica es un campo un tanto peculiar, disociado en muchos aspectos de la arquitectura convencional debido a las muchas diferencias prácticas entre ellos, pero ambos se basan en un profundo instinto estético: la necesidad de crear espacios dramáticos y significativos.*

2.3.1 Contexto

Para entender la relación entre la arquitectura y los videojuegos, se necesita entender el contexto donde se desarrolla la actividad lúdica. Siendo el contexto los límites del juego, el espacio de juego y en general los elementos que contiene el juego. Sicart (2014) menciona que, a diferencia de otro tipo de expresiones humanas, el juego puede ser planeado o diseñado. El diseño facilita la actividad lúdica y es una de las razones por la que el juego prospera con la informática³⁴. "Context comprises the environment in which we play, the technologies with which we play, and the potential companions of play. Context is the network of things, people, and places needed for play to take place"³⁵ (Sicart, 2014, pág. 7).

Una manera para entender el diseño del contexto del juego es pensar en las reglas del juego. Son las reglas los instrumentos formales que permiten la creación y la identificación de un contexto para jugar. Las reglas determinan donde jugamos, cuando dejamos de jugar, y cuando podemos volver al contexto de juego. Jugar es una actividad en tensión entre la creación y la destrucción. Oxland (2004) afirma que las reglas y los límites del juego, son los elementos fundamentales para que la jugabilidad exista. Clasifica a las reglas en: Reglas del diseñador, Reglas del jugador y reglas invisibles. Mientras que los límites del juego los clasifica en: límites del mundo, linealidad del juego y límites invisibles. "These two elements, rules and boundaries, will shape and mold your gaming world more than anything else"³⁶ (Oxland, 2004, p. 9).

El mundo digital abre las puertas para crear sofisticados contextos lúdicos. Muchos videojuegos están diseñados con reglas estrictas, retos y objetivos específicos para dar apoyo a la jugabilidad. También existen videojuegos no lineales y tipo *Sandbox*³⁷, que dan más libertad al jugador. Empresas como *Blockworks*³⁸ aprovechan las características de *Minecraft* para diseñar, educar y comunicar sus proyectos. De la misma forma, la iniciativa *Block by block*³⁹ de la ONU utiliza el videojuego para llevar a cabo proyectos urbanísticos con la participación de la comunidad. The simulate space. "As an imaginary space, it is necessarily constructed by human beings, and therefore may be thought of as the product of architectural design processes"⁴⁰ (Adams, 2003, pág. 1).

El desarrollo en las tecnologías digitales permite que el realismo en los videojuegos sea cada vez mejor, lo que ha incentivado que el tratamiento del espacio y de los elementos dentro de un videojuego se realice con más cuidado y calidad. De esta forma la ambientación en los escenarios permite una experiencia inmersiva y a la vez interactiva. Un ejemplo es el videojuego *Assassin's Creed* que con un modo de juego en primera persona se puede navegar por edificios y ciudades donde se recrea hasta el más mínimo detalle.

³⁴ Las computadoras (hardware y software) necesitan ser programadas o diseñadas para que puedan ejecutar una actividad.

³⁵ Traducción: *El contexto comprende el entorno en el que jugamos, las tecnologías con las que jugamos y los compañeros potenciales del juego. El contexto es la red de cosas, personas y lugares necesarios para que el juego tenga lugar.*

³⁶ Traducción: *Estos dos elementos, reglas y límites, darán forma y modelarán el mundo de tu juego más que ninguna otra cosa.*

³⁷ Palabra del Inglés, su traducción sería "Caja de arena". Un género de videojuegos no lineales que permite alterar los elementos del juego a voluntad. No debe ser confundido con los mundos virtuales como *Secondlife*.

³⁸ Véase en: <https://www.blockworks.uk/>

³⁹ Véase en: <https://www.blockbyblock.org/>

⁴⁰ Traducción: *El espacio simulado. Como un espacio imaginario, que necesariamente está construido por seres humanos, y por lo tanto ha de considerarse como el producto de un proceso de diseño arquitectónico.*



ILUSTRACIÓN 27. BLOCK BY BLOCK. 2013. PROYECTO EN KENYA POR PARTE DE LA ONU USANDO EL VIDEOJUEGO MINECRAFT.



ILUSTRACIÓN 28. BLOCKWORKS. 2018. PROYECTO DE LA EMPRESA *BLOCKWORKS* USANDO COMO HERRAMIENTA EL VIDEOJUEGO MINECRAFT.

2.3.2 Percepción

(Korkala, Järvinen, Fieandt, & West, 2007) definen como percepción espacial al proceso con el cual los seres humanos y otros organismos toman conciencia de la posición relativa de su propio cuerpo respecto a los elementos que lo rodean. La percepción espacial proporciona el sentido de la distancia y profundidad que son importantes para el movimiento y la orientación en el entorno. Adams (2003) estudia la percepción en el espacio digital, y explica que el ser humano percibe y comprende el espacio que lo rodea mediante todos los sentidos, con la excepción del gusto. Con base en su descripción se estudia brevemente como actúa cada sentido y algunas diferencias con la percepción en el espacio físico.

- **Visión** Es el principal sentido para comprender el espacio. El funcionamiento del ojo permite: enfocar, tener una visión binocular o estereoscópica, receptar millones de colores, etc. Estas características hacen posible tener una percepción de las distancias y profundidad de los objetos. Mediante un monitor o una pantalla la percepción visual se ve restringida en ciertos aspectos frente a la realidad, el ángulo visual y el número de colores es menor, la visión no es estereoscópica (excepto con el uso de gafas de Realidad virtual), la intensidad y calidad de la luz es considerablemente menor, etc.
- **Sonidos** Los sonidos al igual que la visión permiten comprender el espacio. Los sonidos son impuestos previamente por un diseñador y es necesario auriculares o altavoces. El jugador podrá escuchar sonidos sólo si el videojuego lo permite. A diferencia con la realidad, el jugador no puede percibir fenómenos acústicos naturales, como el eco.
- **Tacto** Mediante el tacto la persona puede percibir la textura de los materiales, la temperatura, el aire, humedad, calor del sol, etc. En un entorno digital ninguna de estas percepciones es posible en la actualidad. Ciertos dispositivos permiten sentir vibraciones o calor, pero estas sensaciones no están asociadas con el entorno digital, sino más bien con la jugabilidad. Sin embargo, en un entorno digital se puede trabajar con hapticidad, es decir de la sensación táctil que transmiten los materiales a través de la vista. Pallasmaa (2006) desarrolla este concepto y afirma que la cultura tecnológica ha ordenado y separado los sentidos aún con más claridad.
- **Olor** En la vida real el olor también aporta a la percepción del espacio, al oler: materiales, la humedad, la vegetación o lo que sucede en diferentes estancias (cocina, laboratorios, etc.). Un entorno digital en la actualidad no produce olor, por lo que no permite usar el sentido del olfato.
- **Otros** En la percepción del espacio influyen muchos factores aparte de los sentidos básicos. La sensación de movimiento y equilibrio, la percepción de la gravedad, sensaciones particulares como claustrofobia y agorafobia, etc.

Además de la influencia de los sentidos básicos, otros factores pueden intervenir en la percepción de un espacio, sean estos psicológicos, culturales o físicos por lo que la experiencia puede ser diferente para cada individuo. Del mismo modo puede variar la percepción según la edad y la evolución personal. "Un mismo espacio, que podía parecer muy grande en la niñez, se aprecie sorprendentemente pequeño cuando se vuelve al cabo de los años, o una habitación que pudiera parecer espaciosa en la juventud se antoja pequeña tras acostumbrarse a vivir en una mucho mayor" (Hernández, Taibo, Seoane, & Jaspe, 2011, pág. 253)

2.3.3 Patrones de uso espacial

Según McGregor (2007) toda discusión de los videojuegos debe considerar el espacio donde se desarrollan. En su tesis examina los videojuegos como construcciones espaciales, argumentando que el espacio del videojuego es arquitectónico. Usa la arquitectura como una herramienta para descubrir las condiciones espaciales en los videojuegos y los nexos entre ambas disciplinas. McGregor, realiza una clasificación de patrones de uso espacial en los videojuegos a partir de parámetros espaciales en la vida real y cómo influyen en la jugabilidad.

- **Espacio de desafío** Es aquel espacio donde el entorno desafía al usuario. Obstáculos, rompecabezas, desafíos en la navegación, etc. Obliga a que el jugador recurra a sus habilidades, encuentre un camino o resuelva desafíos. Forma parte de la jugabilidad.
- **Espacio disputado** Es donde el espacio está configurado para ser disputado por las entidades. En la vida real se asocia a zonas de guerra o campos deportivos. En el juego se busca el control de recursos, control de objetivos espaciales, etc. En este tipo de espacios la arquitectura y el entorno funcionan como una configuración para el conflicto entre los jugadores. Afecta a la jugabilidad.
- **Espacio nodal** Espacios donde confluyen los usuarios y se imponen patrones sociales al juego. Estos espacios dotan de legibilidad al juego. Así como en la vida real, la arquitectura actúa como contenedor y como medio para definir áreas para diferentes actividades. Estructura la jugabilidad.
- **Espacio codificado** Son elementos del videojuego que representan arquitectura, sin ser espacios habitables. La arquitectura en este caso es usada como un sistema de símbolos para transmitir un significado o una función. Estos elementos permiten que el espacio se convierta en una interfaz. En la vida real todos los edificios representan algo o transmiten un significado. Contiene información para la jugabilidad.
- **Espacio de creación** Es el espacio donde el usuario puede crear, modificar o destruir siempre y cuando estas acciones tengan repercusiones en la jugabilidad. Es equivalente a lo que se hace en el mundo real al momento de: construir, remodelar o alterar un espacio. Se convierte en la jugabilidad.
- **Contextualización:** La arquitectura es usada como contexto o telón de fondo para dotar de identidad y carácter al videojuego. La contextualización o ambientación espacial, también sirve como hilo conductor. Por ejemplo, cuando la arquitectura cambia de estilo o de tiempo de un nivel a otro. No es un espacio con interacción directa, no es navegable, es inerte. En términos estrictos este patrón no existe en la arquitectura real, pues a pesar de que no sea posible entrar en un espacio, sabemos que es navegable. Sin embargo, la arquitectura opera como telón de fondo cuando se mira por una ventana o se ve la ciudad desde un punto lejano. No forma parte de la jugabilidad.

Ya que el tipo de espacio de los videojuegos pueden influir en la jugabilidad, existe una conexión fuerte entre lo que jugamos y donde jugamos. El avance tecnológico ha permitido configurar los espacios virtuales de maneras más sofisticadas, sin embargo, no hay que olvidar que el espacio arquitectónico en un videojuego depende de su programación. Es decir, hasta el momento la arquitectura por sí misma no tiene cualidades intrínsecas, incluso la habilidad de colisión contra un objeto debe ser programada.



ILUSTRACIÓN 29. EIDOS MONTRÉAL. 2018. ESPACIO DESAFÍO, SHADOW OF THE TOM RIDER.



ILUSTRACIÓN 30. EPIC GAMES. 2017. ESPACIO DISPUTADO, FORTNITE.



ILUSTRACIÓN 31. MAXIS. 2014. ESPACIO NODAL, THE SIMS 4.



ILUSTRACIÓN 32. ENSEMBLE STUDIOS. 1999. ESPACIO CODIFICADO, AGE OF EMPIRES 2.



ILUSTRACIÓN 33. INTROVERSION SOFTWARE. 2015. ESPACIO DE CREACIÓN, PRISON ARCHITECT.



ILUSTRACIÓN 34. GHOST GAMES. 2017. CONTEXTUALIZACIÓN, NEED FOR SPEED PLAYBACK.

2.3.4 Cartografía

La cartografía es la ciencia que se encarga de la elaboración y el estudio de mapas. Los mapas son representaciones geográficas de la superficie terrestre sobre un plano. Contienen información según el objetivo de estudio, datos sobre vegetación, edificaciones, clima, población, accidentes geográficos, etc. El lenguaje cartográfico es utilizado por los arquitectos a la hora de interpretar datos sociales, culturales y espaciales. También es un lenguaje utilizado en los videojuegos para proporcionar información al jugador.

Los mapas en muchos videojuegos son fundamentales y pueden servir de diferentes maneras, como referencia para orientar al jugador, como interfaz, como un medio para mostrar puntos de interés o como una herramienta para georreferenciar datos en tiempo real. La elaboración de un mapa o un mini mapa para un videojuego no es una tarea sencilla, debe responder a las necesidades y encajar con el diseño del juego. La representación de un mapa es un reto, ya que en muchas ocasiones debe contener gran cantidad de información y a la vez ser fácilmente legible para que el jugador pueda cumplir los objetivos del juego.

Alguien que tiene experiencia en videojuegos posee necesariamente experiencia sobre cómo se representan sus espacios. Esto supone un acercamiento del lenguaje cartográfico y arquitectónico al gran público como nunca había ocurrido hasta el momento. Durante el siglo XX los niños han jugado con bloques de construcción para crear espacios arquitectónicos; en el siglo XXI el videojuego trabaja directamente con la representación de esos espacios, es decir, con la abstracción de la experiencia. (Sanchez, 2015)

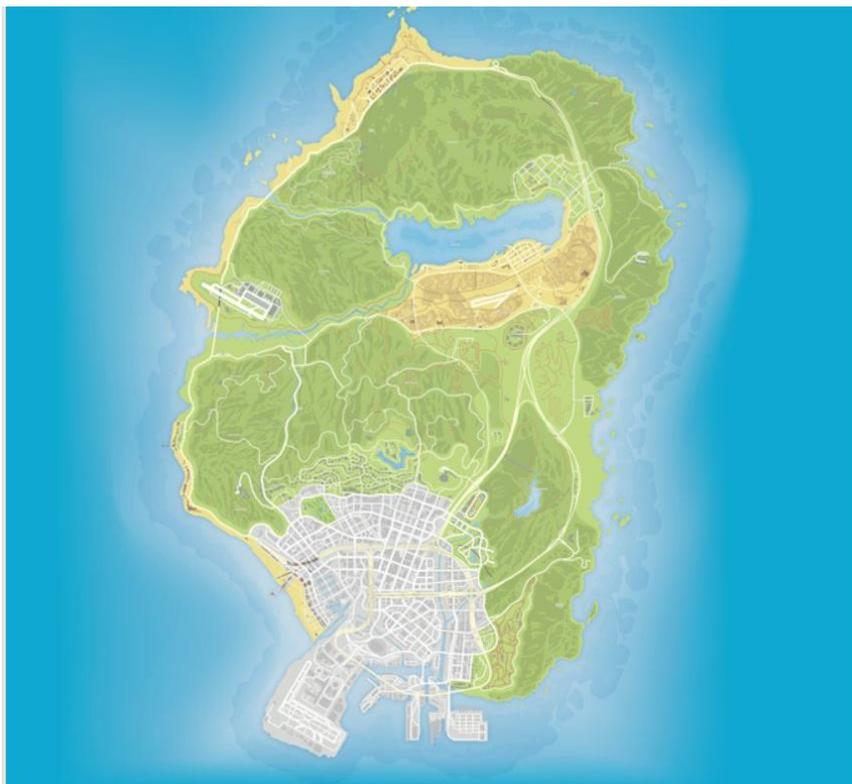


ILUSTRACIÓN 35. ROCK STAR GAMES. 2013. MAPA DE LA CIUDAD "LOS SANTOS" EN EL VIDEOJUEGO GRAND THEFT AUTO V.

CAPÍTULO

03

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍA LÚDICA DIGITAL

We play games, but also with toys, on playgrounds, with technologies and design⁴¹.
(Sicart, 2014, pág. 2)

⁴¹ Traducción: *Jugamos con videojuegos, pero también con juguetes, en campos de juego, con tecnologías y con diseño*

3.1 Motores de videojuegos

Un motor de videojuegos es el software utilizado para la creación de un videojuego, donde el diseñador dispone de múltiples herramientas y recursos, tales como: sistema de animaciones, partículas, motor de físicas, manejo de sonidos, texturas, materiales, colisiones, inteligencia artificial, escenario gráfico, diseño de interfaces, motor de render, animación de personajes, herramientas de modelado, etc.

En la actualidad muchos motores son accesibles para pequeños desarrolladores o estudiantes, gracias a versiones gratuitas y licencias de bajo coste. Esto, además de la oportunidad para la creación de videojuegos independientes, ha permitido que se usen sus herramientas lúdicas en otros campos y con otros propósitos que no sean el entretenimiento. La arquitectura no es una excepción, el software de un motor de videojuegos resulta atractivo para arquitectos que buscan aprovechar esta tecnología, especialmente por la calidad gráfica y la experiencia interactiva en tiempo real.

Debido al rápido crecimiento y avance en la industria de los videojuegos, la proliferación de videoconsolas y la llegada de videojuegos para teléfonos móviles, se han desarrollado un gran número de motores de videojuegos, cada uno con sus características particulares, fortalezas e inconvenientes. A continuación, se analiza algunos de los motores más destacados, para luego escoger el más adecuado para este trabajo.



CRYENGINE®

ILUSTRACIÓN 36. CRYTEK. 2002. LOGOTIPO DE CRYENGINE V.



ILUSTRACIÓN 37. UNITY TECHNOLOGIES. 2005. LOGOTIPO DE UNITY.



UNREAL
ENGINE

ILUSTRACIÓN 38. EPIC GAMES. 1998. LOGOTIPO DE UNREAL ENGINE 4.

3.1.1 Cry Engine V

*Cry Engine V*⁴² es la última versión del motor creado por la empresa *Crytek*. Mostró su potencial por primera vez con el videojuego *Far Cry*. Ha demostrado que junto a *UE4* es uno de los motores más potentes y con la mejor calidad en las simulaciones gráficas en tiempo real. Desde el 2016 el motor está disponible gratuitamente, incluye todas sus herramientas, acceso al código fuente, soporte para la mayoría de las plataformas del mercado, acceso a tutoriales, documentación y foros. El modelo de negocio en la actualidad (2019) se basa en regalías de un 5% a partir de los 5k€.

Para el modelado en 3D, *Cry Engine* cuenta con sus propias herramientas de diseño, sin embargo, es normal la importación de modelos 3D generados en programas externos, siendo el formato recomendado *.fbx, también soporta otros formatos como *.dxf, *.dae, *.obj, *.3ds. Soporta múltiples lenguajes de programación. La curva de aprendizaje es alta, sobre todo para usuarios nuevos o sin experiencia previa con un motor de videojuegos y programación. Ejemplos de videojuegos creados en este motor son: *Far Cry*, *Crysis*, *Ryse: Son of Rome*, *Sniper Ghost Warrior*, entre otros.

3.1.2 Unity 3D

*Unity*⁴³ es un motor de videojuegos creado por la empresa *Unity technologies*. Es uno de los motores con más compatibilidad, ya que tiene soporte de compilación con las plataformas más usadas en la actualidad. Cuenta con una documentación muy amplia, gran cantidad de tutoriales y una comunidad muy activa en foros y soporte al usuario, esto y el diseño de su interfaz permiten que la curva de aprendizaje sea relativamente fácil.

El motor no cuenta con capacidad de modelado, más allá de algunas herramientas básicas, por lo que es necesario el uso de otros programas externos. El formato para importar elementos 3D es: .fbx. Unity permite vincular archivos con otros programas para que los cambios se visualicen en ambos, sin necesidad de reimportar el archivo. El código fuente del programa, no es accesible. Soporta múltiples lenguajes de programación.

El éxito de este motor radica en el enfoque que ha dado la compañía de "democratizar el desarrollo de videojuegos" dotando a desarrolladores pequeños de todas las herramientas necesarias para crear, operar y monetizar sus diseños. En la actualidad (2019) el modelo de negocio de la compañía cuenta con tres opciones: Pro, Plus y Personal, todas con el programa completo. *Unity Pro*, con un costo de \$125 mensuales, es la versión con más beneficios, enfocada para empresas y desarrolladores independientes, incluye soporte directo, posibilidad de generar ingresos sin límite, entre otras características. *Unity Plus*, con un costo de \$35 mensuales, es una versión intermedia, enfocada en capacitación y enseñanza para un desarrollo acelerado, permite generar beneficios de hasta \$200k anuales. *Unity Personal*, es una versión

⁴² Véase en: <https://www.cryengine.com/>

⁴³ Véase en: <https://unity.com/>

gratuita, enfocada en estudiantes, educadores o desarrolladores pequeños que no excedan beneficios de \$100k anuales, no cuenta con soporte adicional ni servicios de capacitación.

Unity es uno de los motores más livianos, gracias a la limpieza de su interfaz y la prioridad que tiene con optimizar los recursos, por lo que es uno de los preferidos a la hora de buscar un mejor rendimiento, sobre todo en el desarrollo de videojuegos para móviles y navegadores web. Algunos ejemplos de videojuegos exitosos de este motor son: Angry Birds, Monument Valley, Inside, Cities: Skylines, Pokémon Go.

3.1.3 Unreal Engine 4

*Unreal Engine 4*⁴⁴ (UE4) es un motor de videojuegos creado por la compañía Epic Games, producto de la evolución del motor original que fue creado para el videojuego *Unreal* y *Unreal Tournament*. En el 2009 la empresa publicó *Unreal development Kit*, como una versión gratuita de *Unreal Engine 3*. Desde el 2015 UE4 está disponible de forma gratuita para todo aquel que quiera usarlo, pagando un 5% de beneficios cada trimestre, cuando el producto supere los \$3000. En la actualidad muchas compañías siguieron el ejemplo de Epic Games y permiten acceder de forma gratuita a sus motores de videojuegos, lo que ha cambiado radicalmente la industria, pues ha permitido la creación de cientos de videojuegos independientes, además de la utilización de sus herramientas en otros campos.

Está basado en lenguaje C++, el código fuente es accesible y modificable. Además de la programación con C++ y la compatibilidad con otros lenguajes, está diseñado para ser usado mediante *Blueprint Visual Script* lo que permite a los desarrolladores programar de una forma más sencilla y gráficamente, sin necesidad de escribir líneas de código. Permite crear y editar elementos 3D, pero por sus limitaciones, lo normal es importar el modelo 3D de programas externos, el formato para importar es: .fbx. Cuenta con una detallada documentación, una comunidad muy activa y gran cantidad de tutoriales gratuitos en línea. El motor gráfico de UE4 es uno de los más potentes, ofreciendo una visualización realista y de alta calidad.

Para finales de la década de 1990 no más de 20 videojuegos eran hechos en este motor, luego de dos décadas el número de videojuegos ha crecido exponencialmente. En el 2014 el comité de Records Guinness otorgo a Unreal Engine el reconocimiento como el motor de videojuego más exitoso. Algunos de sus videojuegos son: Gears of War, Fornite, Bioshock, entre otros. En el 2018 se publicó *Unreal Studio* como una derivación de UE4, enfocado a empresas de diseño de productos, arquitectura, fabricación, etc. Unreal Studio cuenta con herramientas como *Datasmith* que permiten importar y vincular fácilmente modelos de otros programas como 3Dmax o Revit, nos da acceso a bibliotecas de materiales y plantillas especiales para estos campos, entre otros beneficios. Por el momento se encuentra en modo beta y 100% gratuito.

⁴⁴ Véase en: <https://www.unrealengine.com/>

3.1.4 Comparación y selección

TABLA 2. COMPARACIÓN ENTRE MOTORES DE VIDEOJUEGOS.

Motor		Cry Engine V	Unity 3D	Unreal Engine 4
Plataformas	Windows	SI	SI	SI
	Mac	SI	SI	SI
	Linux	SI	SI	SI
	Android	SI	SI	SI
	IOS	SI	SI	SI
	Xbox One	SI	SI	SI
	Ps4	SI	SI	SI
	Nintendo Switch	NO	SI	SI
	Web	NO	SI	SI
	Realidad Virtual	SI	SI	SI
	Realidad Aumentada	NO	SI	SI
	Cloud Streaming	NO	NO	SI
Características	Uso libre	SI	SI	SI
	Versión de pago	NO (Regalías)	SI	NO (Regalías)
	Documentación	Limitada	Amplia	Amplia
	Comunidad	Pequeña	Grande	Grande
	Tutoriales	SI	SI	SI
	Tienda online	SI	SI	SI
	Enfoque para Arquitectura	NO	SI	SI
	Acceso a código fuente	SI	NO	SI
	Calidad Gráfica	Alta	Media	Alta
	Lenguaje de programación	C++	C#, Unityscript	C++, Blueprints
Requisitos del sistema	Altos	Medios	Altos	

Luego del análisis comparativo entre los tres motores de videojuego más utilizados, se escoge el motor: Unreal Engine 4. Se considera que es el más adecuado para este trabajo por los siguientes aspectos:

- Es un motor de libre acceso, con una comunidad activa, mucha documentación y tutoriales, lo que facilita el aprendizaje.
- Tiene altas prestaciones gráficas, ofrece mayor calidad visual que otros motores.
- Multiplataforma, se puede exportar a las plataformas más utilizadas en el mercado.
- Permite el acceso total a su código fuente.
- Programación mediante blueprints, que permite trabajar visualmente sin tener que escribir líneas de código.
- Acceso a una gran biblioteca online con constantes ofertas y elementos gratuitos.
- Acceso a la versión *Enterprise* (en modo beta hasta finales del 2019) que ofrece herramientas especiales con enfoque en campos del diseño y arquitectura.

3.2 Aplicación de tecnología lúdica digital

Para realizar el experimento de la aplicación de tecnología lúdica digital, se ha seleccionado como modelo el proyecto: **Casa espejo de agua**. Es una vivienda unifamiliar diseñada por el estudio valenciano Fran Silvestre Arquitectos. El proyecto se emplaza en una colina de la bahía de Calpe, un municipio situado en la costa norte de la provincia de Alicante-España. Se destacan las vistas a la playa y a la ciudad. El entorno es árido, rocoso y con vegetación endémica del lugar.

La vivienda cuenta con cuatro niveles. Se accede por la parte superior donde se encuentra el garaje. En el nivel intermedio se ubica una gran terraza cubierta de agua. A continuación, se llega a la planta principal donde se encuentra el salón, la cocina, el comedor y una segunda terraza con agua. Por último, en el nivel inferior se encuentran los dormitorios. Los niveles se conectan mediante un ascensor y escaleras.

El crítico de arquitectura David Cohn (2017) analiza en uno de sus textos la arquitectura de Fran Silvestre y menciona que esta vivienda corresponde a una tipología, característica del estudio, que se desarrolla en torno a una vista. Los interiores son organizados en línea tras una fachada de vidrio continuo. Se destaca el papel que juega la estructura para lograr estas terrazas "colgantes" y convertirse en un factor expresivo determinante.

La audacia estructural de Fran Silvestre Arquitectos, sus planos flotantes y las paredes transparentes de vidrio, así como la sublimación insistente de la materialidad en superficie y línea, dan a sus diseños una calidad de ingravidez sin esfuerzo que es casi futurista. (Cohn D. , 2017, pág. 8)



ILUSTRACIÓN 39. FRAN SILVESTRE ARQUITECTOS. 2019. FOTOGRAFÍA DESDE EL SOLAR EN LA BAHÍA DE CALPE



ILUSTRACIÓN 40. FRAN SILVESTRE ARQUITECTOS. 2019. MAQUETA DE LA CASA ESPEJO DE AGUA.

Debido al atractivo del contexto y la magnitud de la vivienda, el proyecto es interesante para tomarlo de ejemplo en la aplicación práctica de este trabajo. Para conseguir que un modelo arquitectónico contenga características lúdicas, se utiliza el motor de videojuegos Unreal Engine 4 (UE4). El resultado permite la inmersión dentro del modelo y su entorno, interacción con elementos y visualización en tiempo real. Para ello, se sigue la siguiente metodología:

- Trabajo de Diseño.** Se modela y prepara la geometría en 3D en base a los planos de la vivienda, mediante programas especializados.
- Trabajo artístico.** Una vez importada la geometría a UE4 se trabaja en la parte artística del modelo.
- Trabajo de programación.** En paralelo a la parte artística se trabaja la parte de programación, mediante *Blueprints*.
- Exportación.** Se exporta el resultado para la visualización e interacción en distintas plataformas.

3.2.1 Trabajo de Diseño

- **Modelado 3D**

Siguiendo el diseño de la vivienda según los planos 2D (realizados en *Autocad* y cortesía de Fran Silvestre arquitectos), se procedió a modelar en 3D la geometría y el terreno mediante el programa *Archicad*. Se escoge *Archicad* por ser un programa familiar para el autor y por las ventajas que presenta para convertir un plano 2D a un modelo tridimensional. Se trabaja en cm por ser la unidad predeterminada en UE4. Durante el proceso de modelado se intenta utilizar la menor cantidad de polígonos posibles, así como evitar figuras complejas, para optimizar recursos.

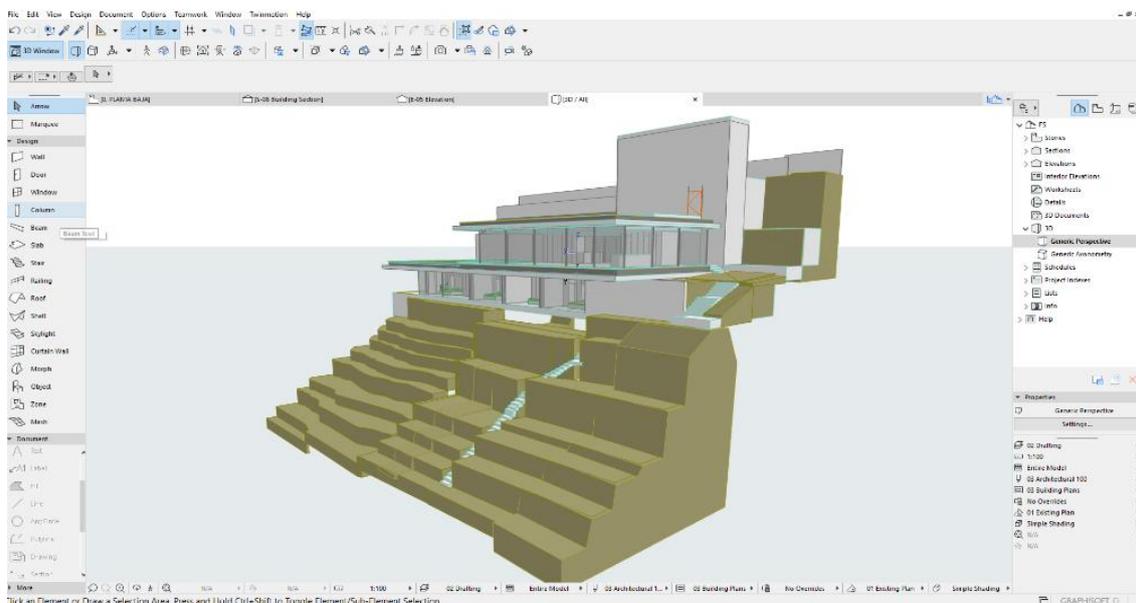


ILUSTRACIÓN 41. INTERFAZ DE ARCHICAD22 CON MODELO 3D.

- **Mapas UV's**

El mapeado UV es la técnica que define como una textura en 2D será aplicada o desplegada en una geometría en 3D. Ya que una textura se basa en un plano de dos coordenadas, se aplica a un objeto asignando los píxeles de la imagen a las caras del polígono mediante las coordenadas X y Y de los vértices de este. Las letras "U" y "V" hace referencia a las coordenadas "X" y "Y". Cuando se habla de UVW, la "W" representa el eje "Z" utilizado en la generación de texturas de 3D, es un parámetro que agrega información adicional para animación, posición o escala.

Existen canales UV, para contener información de mapeado, cada uno contiene un conjunto de parámetros y se identifican mediante un número (el número puede ser diferente en cada programa por ejemplo en UE4 el canal 0 es el canal 1 en 3ds Max) Los canales tienen dos principales propósitos: coordenadas de textura en materiales y mapas de iluminación.

Si bien se puede realizar el mapeado de forma automática al importar en UE4, esta opción suele ser muy limitada y puede generar problemas de distorsión o simplemente no tener la capacidad de realizar el mapeo automático en objetos con cierta complejidad. Para manejar el mapeado de UV's se escoge 3ds max por ser un programa especializado en esta técnica. A continuación, se menciona en rasgos generales el proceso utilizado:

- Se importa el modelo a 3dsmax desde Archicad en formato .fbx.
- Se crea un *UV test map* o material de prueba, que permite visualizar la resolución y la distorsión que puede tener cada malla, así se controla como se aplican las UV's.
- Se realiza el mapeado de la textura mediante la herramienta UVW map, en el canal 1.
- Se crean los mapas de iluminación desarrollando las mallas con el modificador *Unwrap UVW*, dentro de este, se edita las UV's y se empaquetan en el canal 2.

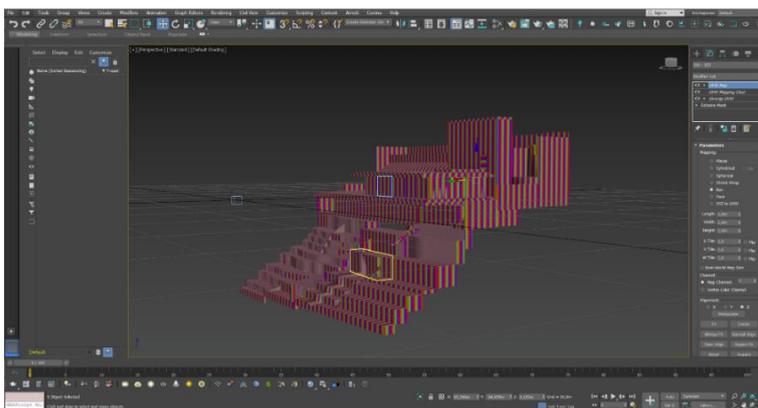


ILUSTRACIÓN 42. MODELO EN 3DS MAX 2018 CON EL MATERIAL DE PRUEBA.

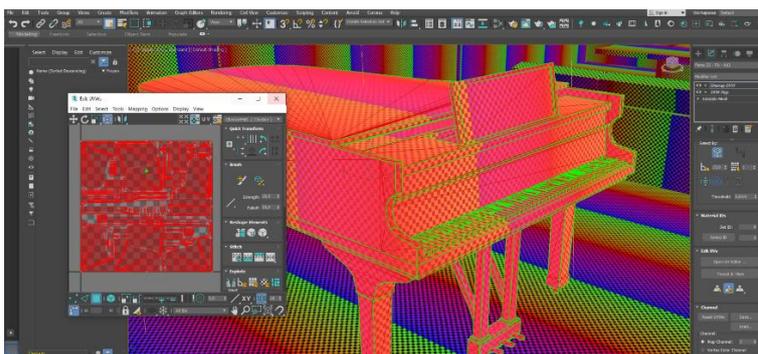


ILUSTRACIÓN 43. PACK DE MAPAS DE ILUMINACIÓN DE UN OBJETO. MODIFICADOR UNWRAP UVW.

- **Exportación a UE4**

Si bien exportar un modelo a UE4 es relativamente sencillo, para conseguir un buen rendimiento y evitar futuros problemas, se recomienda preparar el modelo y la escena correctamente antes de empezar. Para ello se sigue el siguiente proceso:

- Ya que la unidad básica en UE4 son cm, se trabaja en cm desde un comienzo. En todo caso si no se ha trabajado en cm, se recomienda escalar el modelo a esta unidad antes de importar a UE4.
- Ubicar el modelo en el punto de origen, o cerca de este. Si la escena se desarrolla lejos del origen, puede afectar al rendimiento, a la renderización y al flujo de trabajo.
- Combinar las piezas que pueden pertenecer a un solo elemento, así se evita tener múltiples polígonos. Por la misma razón, utilizar instancias de objetos en vez de copias.
- Ya que cada programa y modo de trabajo puede crear diferentes tipos de orientación en los ejes locales de un objeto, en 3dsMax se reajustan los ejes para que se orienten en la posición adecuada.
- Nombrar adecuadamente los elementos para que sean reconocibles y se puedan encontrar rápidamente. No usar nombres largos, caracteres especiales ni espacios.
- Identificar los planos muy delgados con la herramienta *Backface Cull* en 3ds Max, para saber si pueden ser renderizados en ambas caras y como están dispuestas las normales⁴⁵.

Una vez finalizado el modelado en los programas de modelado se exporta a UE4. En la actualidad existen dos formas de exportar, mediante la herramienta Datasmith y mediante el formato. fbx. Desde UE4 se importa el nuevo proyecto. En este caso se utiliza una plantilla en blanco, sin contenido, máxima calidad y para ordenador/console.

***Datasmith.** Es un conjunto de herramientas que funcionan como un plugin para UE4, hace más eficiente el proceso de importar información desde diversas fuentes. Datasmith es parte de *Unreal Studio*, una versión de UE4 que se enfoca en el campo de la arquitectura, diseño de productos y otros. Cuando se importa toda la escena o un conjunto de objetos se crea un solo paquete que está vinculado con el programa exterior, por lo que es fácil reimportar cualquier cambio. Al momento de exportar e importar se configuran pocos parámetros, lo que mejora el flujo de trabajo.

***Fbx.** Es un formato estándar usado en muchas aplicaciones. Al momento de importar en fbx, cada objeto es una pieza individual desligada de las demás, lo que puede ser un problema cuando se trata de un proyecto de arquitectura. Al ser un formato familiar en muchos programas, soporta gran cantidad de características, sin embargo, no soporta algunas como materiales Vray. Al momento de exportar e importar en fbx tenemos que seleccionar ciertos parámetros, en contraste con Datasmith este proceso puede ser más largo, pero también nos permite tener un mayor control y más opciones en la configuración del objeto que queremos exportar e importar.

⁴⁵ Las normales son un vector perpendicular a la cara de un polígono que sirve para indicar la orientación de la cara de este.

3.2.2 Trabajo artístico

- **Dimensión física**

UE4 incluye un sistema de cálculo de físicas, es uno de los aspectos más importantes para la jugabilidad. Este sistema permite dotar a un objeto de colisiones, gravaed, fuerzas y velocidad. El personaje se mueve y manipula objetos gracias a las propiedades físicas del espacio.

-Dimensionalidad espacial. Gracias al hardware utilizado y al software que ofrece el motor, en la actualidad los espacios en 3D son fácil de implementar. En este trabajo se aprovecha las tres dimensiones de la geometría para que el espacio sea explorable e inmersivo.

-Límites y colisiones. La colisión en los objetos es importante para que el personaje detecte que existe un elemento físico o sólido. En un proyecto de arquitectura las colisiones son fundamentales para poder explorar por el edificio, pero también para detectar cuando existe una pared o un muro. Se puede crear colisiones invisibles o transparentes para establecer límites, esto es útil para bloquear el paso del personaje y evitar que salga de la zona de juego.

UE4 permite crear colisiones de geometría de varias formas, por ejemplo, de manera automática al momento de importar el modelo o dentro de la configuración de cada malla. En este trabajo se ha optado por el uso de la herramienta volúmenes de bloqueo que consiste en crear cajas transparentes con colisión en los lugares deseados. El principal motivo para usar volúmenes de bloqueo y no crear colisiones automáticas en cada objeto, es para optimizar recursos.

-Escala. Ya que se pretende representar el espacio arquitectónico tal y como será en la realidad, la escala juega un factor importante. El entorno, el personaje y en general la geometría utilizada es en cm y corresponden a las medidas reales de los objetos en el mundo real.

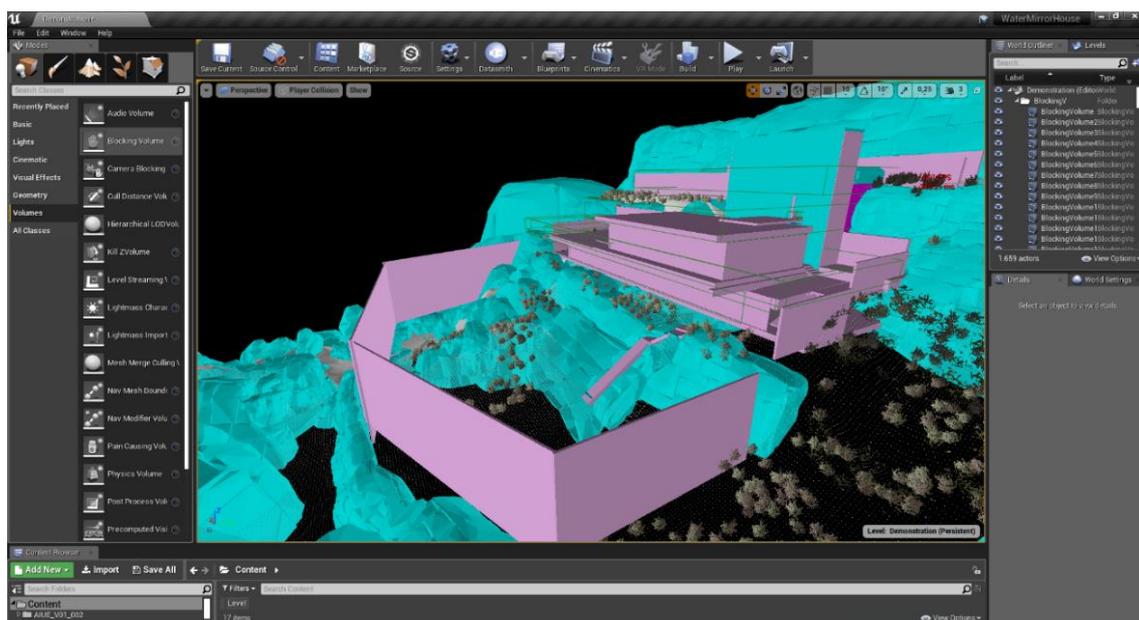


ILUSTRACIÓN 44. CAJAS DE BLOQUEO EN COLOR ROSA.

- **Dimensión Ambiental**

-Entorno. Un entorno bien diseñado puede ser fundamental para dotar de identidad y aportar una atmósfera inmersiva y realista. El entorno juega un papel importante en este proyecto, pues como se mencionó anteriormente, la vivienda está diseñada en torno a las vistas del lugar. Para crear el terreno, la vegetación, el cielo y otros elementos, se utiliza las herramientas que ofrece Unreal Engine 4. A continuación, se menciona en rasgos generales el proceso utilizado:

- Se crea el terreno con la herramienta *Landscape*.
- Se esculpe de acuerdo con las curvas de nivel del proyecto.
- Se pinta con un material multicapa con varias texturas.
- Se agrega vegetación (arbustos y césped) con la herramienta *Foliage*.
- Se agregan árboles y rocas individualmente.
- Se introduce simulación de viento para crear efecto de movimiento en la vegetación.
- Se introducen partículas.
- Se ambienta el entorno con sonidos.
- Se agrega una imagen panorámica HDRI⁴⁶

Nota: Los *props* (accesorios o modelos 3D) utilizados provienen de la tienda de Epic Games.



ILUSTRACIÓN 45. CREACIÓN DE TERRENO EN UE4.



ILUSTRACIÓN 46. ZAAL GREG. 2016. IMAGEN HDRI USADA PARA EL FONDO.

⁴⁶ HDRI: High Dynamic Range image (imagen de alto rango dinámico). La imagen utilizada es cortesía de: <https://hdrihaven.com/>

-Materiales. UE4 soporta o tiene compatibilidad con la mayoría de los materiales estándar de otras plataformas, así como con algunos materiales especiales como los de Vray. Al momento de importar materiales UE4 los convierte automáticamente a su propio sistema de materiales PBR⁴⁷. UE4 permite crear casi cualquier tipo de material desde el comienzo, para ello existen muchas entradas, parámetros y nodos para configurar, siendo las principales: reflectividad (metálico), rugosidad y especular.

En este proyecto se utilizan tanto materiales básicos como otros complejos, la mayoría se han creado por completo dentro de UE4 con algunas texturas configuradas en programas externos⁴⁸, otros se han importado de la tienda de *Epic Games* y de *Substance*. Gracias a la programación por nodos dentro del editor de materiales, se puede conseguir una infinidad de posibilidades y aplicaciones, por ejemplo, que un material simule movimiento o iluminación. Se aprovecha estas características para crear un material complejo que simula agua en movimiento y cáusticas.

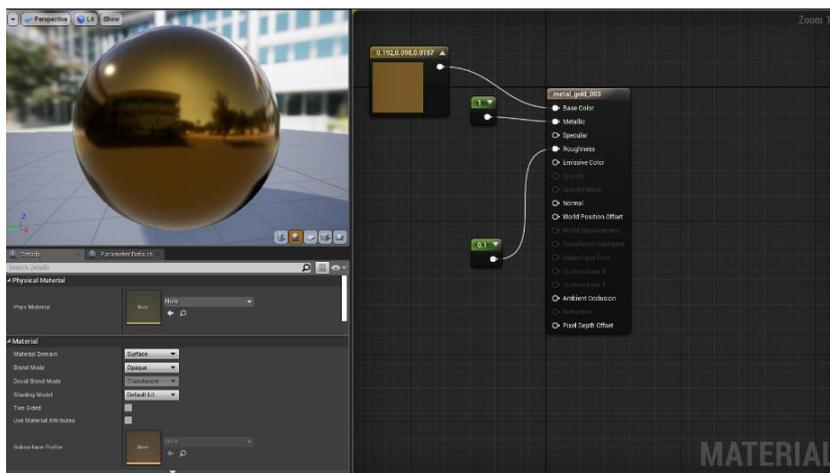


ILUSTRACIÓN 47. EJEMPLO DE UNA CONFIGURACIÓN BÁSICA CON NODOS EN EL EDITOR DE MATERIALES.



ILUSTRACIÓN 48. MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO.

⁴⁷ PBR (Physically-based rendering). Es un tipo de configuración que permite crear materiales realistas en base a las propiedades físicas de los materiales y de la luz.

⁴⁸ Se utilizó el programa *Adobe Photoshop* para ciertas texturas y *Normal Map Online* (<https://cpetry.github.io/NormalMap-Online/>) para generar mapas de normales.

-Iluminación. La iluminación es uno de los aspectos clave para conseguir una escena realista. UE4 ofrece iluminación dinámica y estática o pre calculada. Para conseguir sombras de alta resolución se necesita una adecuada densidad de textura en el mapeado de iluminación de cada objeto, se recomienda usar valores potencia de 2. En este proyecto se utilizan varios tipos y fuentes de iluminación, así como diferentes configuraciones para el resultado que se quiere conseguir. A continuación, se describe brevemente algunas características y tipos de iluminación utilizados.

Tipo de iluminación:

- **Pre calculada.** Es la iluminación que se ha calculado en la geometría estática de los objetos, los cuales deberán tener un mapeado de iluminación (UVs).
- **Dinámica.** La iluminación dinámica es aquella que se realiza en tiempo real, se utiliza para iluminar elementos movibles, la calidad es inferior a la iluminación estática.

Fuentes de iluminación:

- **Direccional.** La luz direccional es usada como luz solar, simula ser proyectada desde una fuente de iluminación a una distancia infinita. Es utilizada en casi cualquier proyecto, sobre todo en exteriores.
- **Puntuales.** Es una luz que emite iluminación en todas las direcciones desde un solo punto. Como una bombilla.
- **Rectangular.** Son luces ideales para emular iluminación en superficies rectangulares, como en ventanas o pantallas.
- **Spot.** Son luces que emiten iluminación desde un solo punto, pero a diferencia de las puntuales su proyección puede limitarse con conos.
- **Cielo.** Funciona como iluminación global de la escena. Captura la luz del fondo y la distribuye en los objetos, por lo que la apariencia del cielo coincidirá con la luz proyectada sobre estos.

Movilidad de luz:

- **Estáticas.** Son luces que no pueden sufrir ningún cambio en tiempo real, usan solo los mapeados de iluminación de los objetos, es decir son totalmente pre calculadas y no afectan a objetos móviles. Son las que menos afectan al rendimiento en tiempo real y pueden utilizarse la cantidad que se desee.
- **Estacionaria.** Son luces que están pensadas para permanecer en una posición, pero permiten ser modificadas en tiempo real de otras maneras, como en la intensidad y color. Su iluminación es pre calculada pero también produce sombras dinámicas, es decir, interactúa con objetos móviles. Estas luces son las que proporcionan la mejor calidad para la escena, pero solamente se pueden poner un número limitado.
- **Movible.** Iluminan y proyectan sombras solo de forma dinámica, pueden cambiar durante el juego de posición, rotación, color, intensidad etc. No proyectan luz indirecta.

Otros:

- **Reflection capture.** Es una herramienta a modo de objeto que se coloca estratégicamente en los lugares donde se quiere capturar la reflexión del entorno con mayor calidad.
- **Lightmass Importance Volume.** Controla un área donde se quiere producir la iluminación indirecta con mayor calidad.

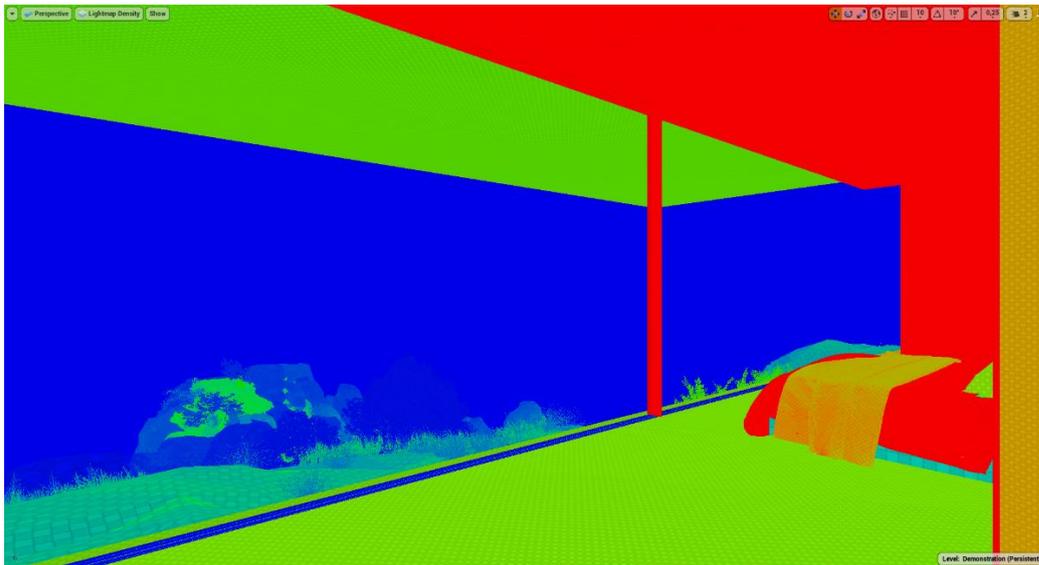


ILUSTRACIÓN 49. DENSIDAD EN MAPEADO DE ILUMINACIÓN.



ILUSTRACIÓN 50. VISTA ANTES DEL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN.

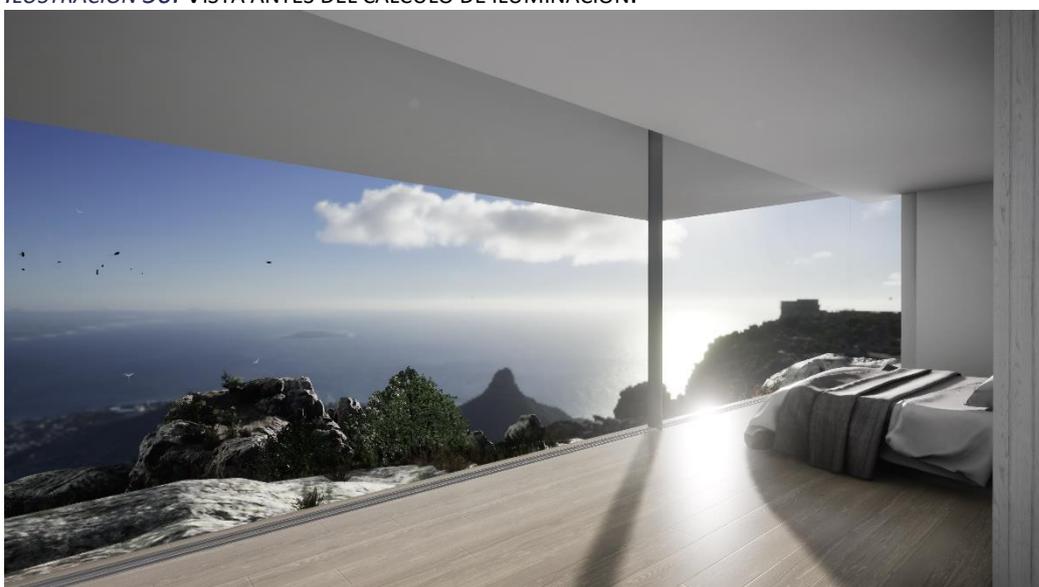


ILUSTRACIÓN 51. VISTA DESPUÉS DEL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN.

- **Galería**



ILUSTRACIÓN 52. VISTA DEL ENTORNO CREADO PARA EL PROYECTO.



ILUSTRACIÓN 53. CAPTURA DE PANTALLA EN UNA DE LAS ÁREAS DEL PROYECTO.



ILUSTRACIÓN 54. CAPTURA DE PANTALLA EN UNA DE LAS ÁREAS DEL PROYECTO.



ILUSTRACIÓN 55. CAPTURA DE PANTALLA EN UNA DE LAS ÁREAS DEL PROYECTO.

3.2.3 Trabajo de programación

- **Optimización**

La optimización es uno de los pasos más importantes para que un proyecto en UE4 funcione adecuadamente. El proceso de optimización deberá realizarse a lo largo de todo el proyecto. La principal forma de guiarse es a través de los *FPS*⁴⁹, para que una escena se visualice de una manera fluida y optima, se recomienda los 60.00 FPS y no bajar de 30.00 FPS. Se pueden utilizar varias herramientas para identificar los elementos que causan problemas de rendimiento o los que más recursos están utilizando, por ejemplo: visualizar la densidad del mapeado de iluminación, el número de polígonos, complejidad de sombreado, estadísticas de uso de memoria, etc. Se optimiza la escena controlando, entre otras cosas, los siguientes aspectos:

- **LODs (level of detail meshes).** Cuando una escena está compuesta por muchos objetos o polígonos, es necesario crear niveles de detalle o LODs. Se trata de como un objeto es mostrado al espectador en la distancia. Mientras más lejos, el objeto mostrará una menor cantidad de polígonos. UE4 permite la creación de LODs automáticos. Aunque se trabaje con LODs, se debe controlar desde un principio que los objetos no estén formados por una excesiva cantidad de polígonos.
- **Resolución de texturas.** Se recomienda trabajar con texturas en potencias de 2 y que la resolución preferentemente no sea mayor a 4096. Las texturas también pueden funcionar con LODs. La parte encargada del motor en gestionar las texturas y su resolución es el sistema de transmisión de texturas (*texture streaming system*).
- **Streaming levels.** Es una característica que permite cargar y descargar elementos dentro de un espacio o nivel. Se puede configurar la escena para que cuando se entre a una estancia los elementos sean visibles, cuando se salga, permanezcan ocultos. Realizar este proceso puede ahorrar muchos recursos, ya que solamente se renderizarán y ocuparán recursos los elementos relevantes durante el juego.

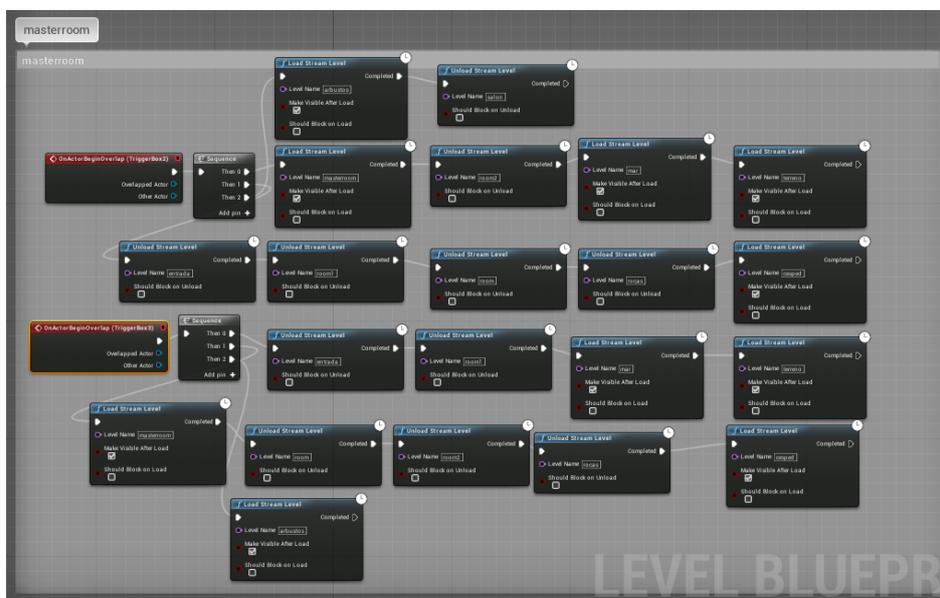


ILUSTRACIÓN 56. NODOS PARA CARGAR Y DESCARGAR *STREAMING LEVELS* EN UN ESPACIO DEL PROYECTO.

⁴⁹ *FPS*, es la abreviación de Fotogramas por segundo, es un número que expresa la velocidad o tasa que un dispositivo muestra las imágenes o fotogramas.

- **Interfaz**

UE4 permite crear interfaces de usuario de múltiples formas. La interfaz de usuario se diseña según el dispositivo o plataforma donde se utilizará el producto. En el presente trabajo se desarrollan tres modelos de interfaz para tres plataformas distintas. El modo de cámara en los tres casos es en 3D en primera persona.

- **Interfaz en ordenador.** En este caso se optó por crear una interfaz de inicio, un menú de "pausa" y una interfaz gráfica permanente en la pantalla de juego. Esta última está diseñada con iconos que representan la interacción con el entorno y con información del proyecto como: interacción con mobiliario, visualización de la estructura, visualización de puntos de interés, postproducción y captura de pantalla, acceso a vistas del proyecto, planos y ubicación del personaje e interacción con la intensidad en la iluminación.

Además de las interfaces gráficas mencionadas, se puede acceder a una interfaz basada en línea de comandos especialmente enfocada a usuarios más experimentados o para el administrador del sistema. En este caso se ha creado y probado el modelo en un ordenador de gama media/alta de 64 bits, con un procesador i7-7700 HQ, 16gb de ram y una tarjeta gráfica Nvidia GTX 1060 de 6GB.

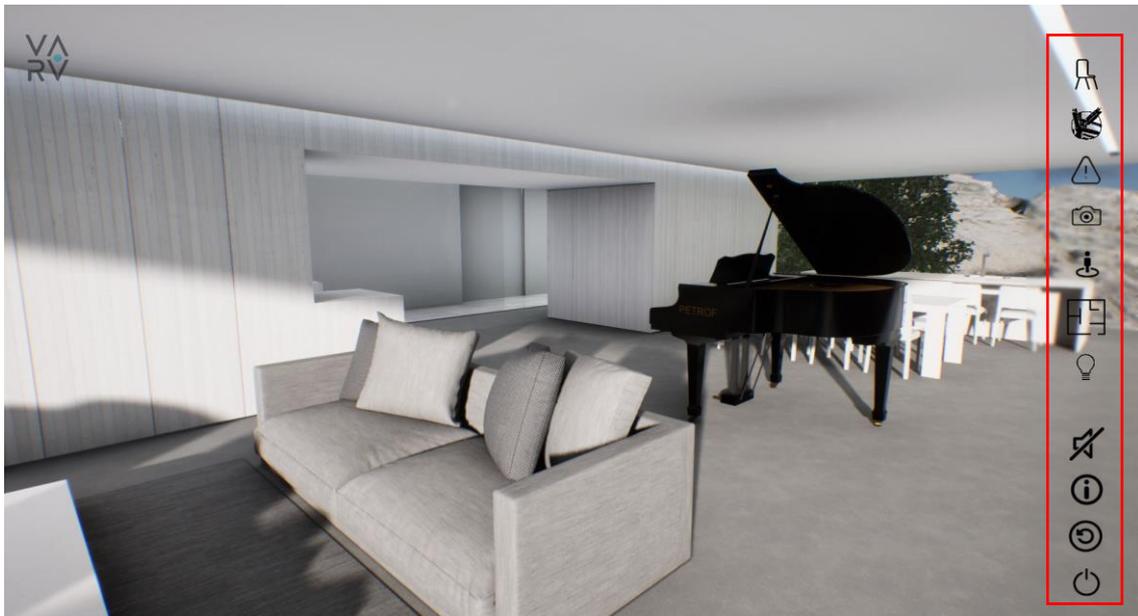


ILUSTRACIÓN 57. INTERFAZ GRÁFICA PERMANENTE EN LA PANTALLA DEL ORDENADOR.



ILUSTRACIÓN 58. ICONO PARA ACCEDER A LA INTERFAZ PARA AMOBLAR EL ESPACIO.

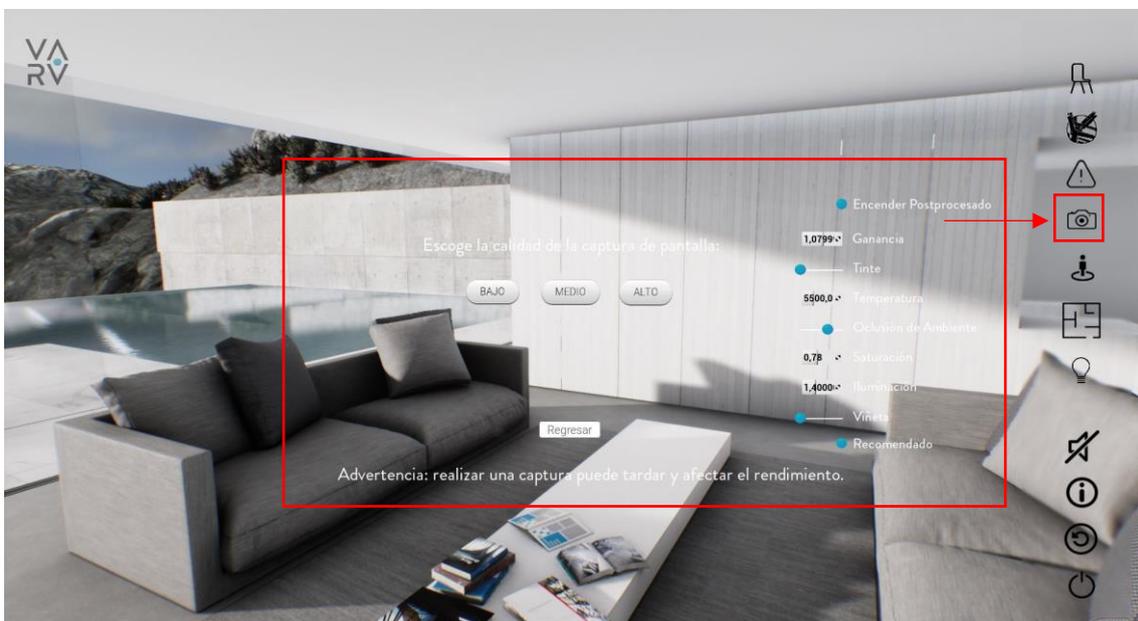


ILUSTRACIÓN 59. INTERFAZ PARA POSPRODUCCIÓN Y REALIZAR CAPTURAS DE PANTALLA.



ILUSTRACIÓN 60. ICONO DE ACCESO A LOS PLANOS Y UBICACIÓN DEL PERSONAJE EN EL JUEGO.

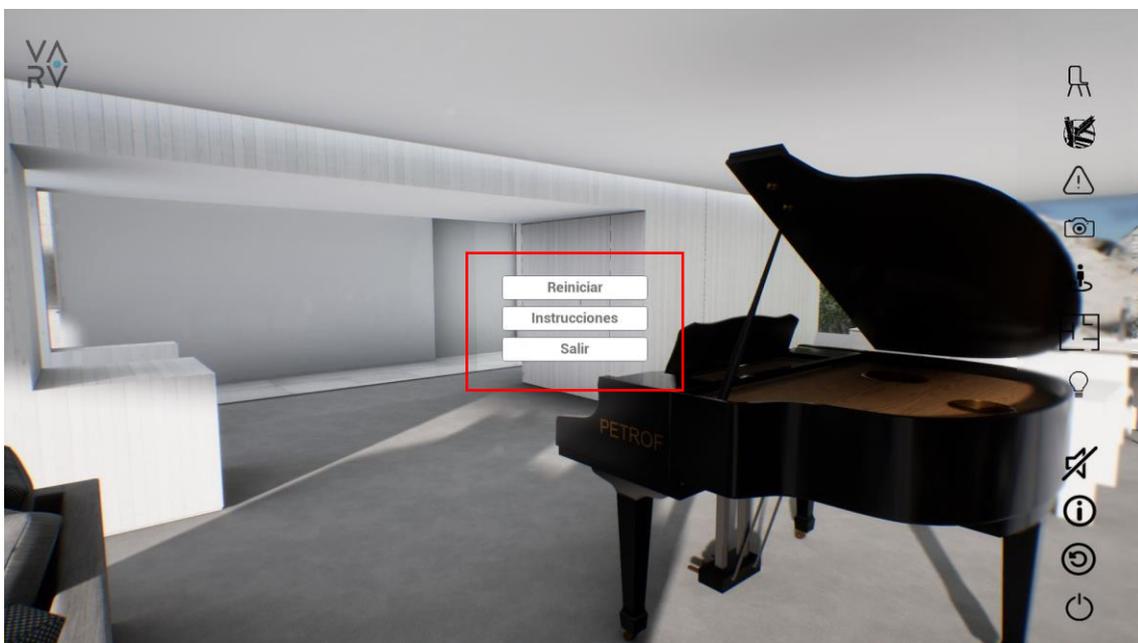


ILUSTRACIÓN 61. INTERFAZ MENÚ-PAUSA PARA ORDENADOR.



ILUSTRACIÓN 62. INTERFAZ CON LÍNEA DE COMANDOS PARA ORDENADOR.



ILUSTRACIÓN 63. INTERACCIÓN CON OBJETOS, BOTONES PARA CAMBIAR TEXTURA DE MUEBLES.

- **Móvil.** Para poder visualizar el modelo en dispositivos móviles, la optimización de recursos ha de ser mucho más estricta y se debe conocer muy bien las características del dispositivo donde se pretende reproducir el producto. De igual manera la interfaz deberá adaptarse al dispositivo para interactuar mediante pantalla táctil. Para esta aplicación se ha probado en un dispositivo móvil de gama alta con las siguientes características: Procesador Qualcomm Snapdragon 670 Octa Core 2GHZ, Memoria Ram de 6gb y almacenamiento de 128gb.



ILUSTRACIÓN 64. CAPTURA DE PANTALLA DE APLICACIÓN EN DISPOSITIVO MÓVIL

- **Realidad Virtual.** Para visualizar el modelo en realidad virtual se debe conocer en que dispositivo se reproducirá, pues de eso depende la optimización que se haga a la escena y las interfaces que se puedan aplicar. En este caso se realiza en unas gafas Lenovo Explorer que se conectan mediante HDMI y USB al ordenador por lo que todo el procesamiento se realiza en este. Para una visualización fluida en gafas de realidad virtual se recomienda que se reproduzca el juego a 90fps o más.

- **Niveles**

Se programa la aplicación con dos niveles. El nivel principal que contiene el modelo arquitectónico interactivo y un secundario que muestra la parte estructural del proyecto y en el cual se puede interactuar con elementos de la estructura. Ambos niveles tienen una interfaz independiente y un modo de cámara distinto.



ILUSTRACIÓN 65. PARTE DE LA PROGRAMACIÓN DE NODOS DENTRO DEL NIVEL PRINCIPAL.

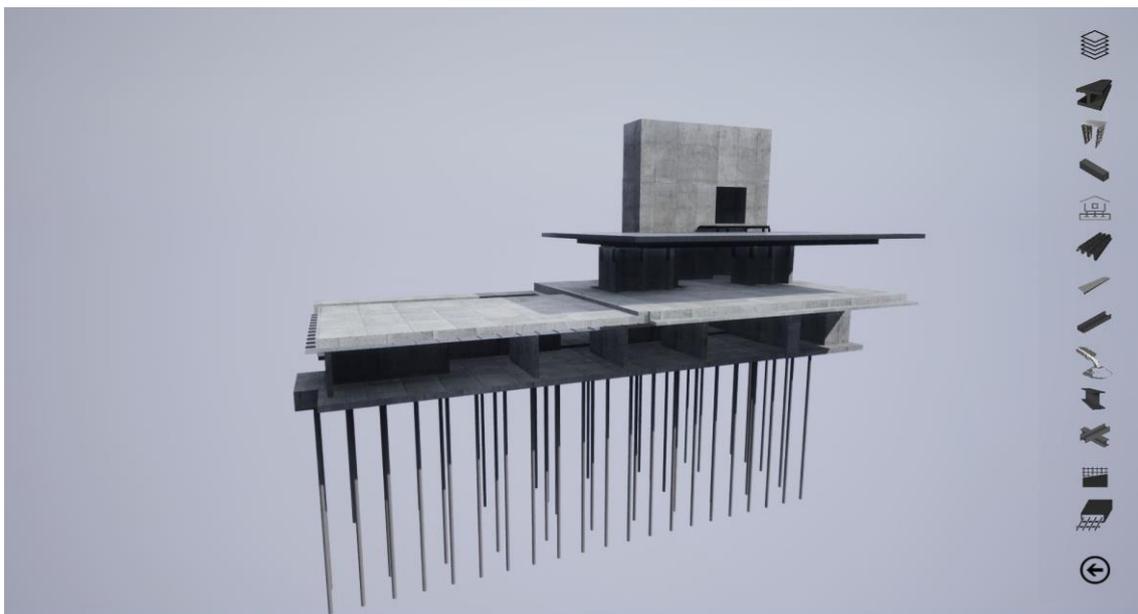


ILUSTRACIÓN 66. NIVEL SECUNDARIO QUE MUESTRA LA ESTRUCTURA DEL PROYECTO.

3.3 Modelo de negocio

- **Lienzo de modelo**

Se realiza un modelo de negocio basado en la experiencia personal del autor, para demostrar la viabilidad, factibilidad, ventajas, desventajas y otras características que pueden surgir al usar tecnología lúdica digital como un medio de representación de arquitectura.

PROBLEMA -Que el cliente no entienda lo que se ofrece. -Que considere muy caro el producto. -Que el cliente no posea el Hardware y Software apropiados para visualizar el producto.	SOLUCIÓN - Mostrar ejemplos y permitir que interactúe en atmosferas inmersivas. Despertar el interés. -Explicar el costo-beneficio. Mostrar el caso de otros clientes. -Dar asistencia y recomendaciones técnicas.	PROPOSICIÓN DE VALOR ÚNICA -Brindar confianza y la seguridad de que el producto final será de alta calidad. -Producto personalizado. El cliente sabrá que el producto es único, según sus exigencias. -Se ofrece un producto innovador y diferente a los tradicionales. -Las tecnologías utilizadas son emergentes y de última generación. -El producto en sí puede ser un medio para generar recursos.	VENTAJA ESPECIAL -Relación personal y cercana con el cliente. -Se ofrece asistencia Postventa. -Se colabora en marketing y en la difusión del producto.	SEGMENTOS DE CLIENTES Arquitectos, inmobiliarias, gobierno, museos, universidades. Se consigue clientes mediante: Publicidad física y digital, demostraciones en eventos públicos, conferencias y cursos académicos o profesionales.
	MÉTRICAS CLAVE -Identificar que interesados se pueden convertir en clientes potenciales. -Medir la rentabilidad de captación. Cuantos clientes se ha obtenido por inversión en publicidad. -Medir los gastos e ingresos mensuales de le empresa.		CANALES -Digitales: Web, correo, redes sociales Tradicionales: boca-boca, revistas, propaganda impresa. Especial: mediante el producto en sí.	
ESTRUCTURA DE COSTES -Honorarios profesionales -Alquiler -Hardware y software -Publicidad -Capacitación interna		FLUJO DE INGRESOS -Patrocinadores -Conferencias y demostraciones públicas -Capacitación a profesionales y estudiantes -Venta del producto -Asistencia técnica a empresas e instituciones		

Conclusiones

El comienzo de esta investigación permitió conocer el estado del arte de la representación arquitectónica, para ello se realizó una breve descripción y análisis de diferentes tipos y técnicas de comunicación tradicionales como el dibujo, la fotografía o el cine y también métodos de última generación como lo es la representación arquitectónica digital. Gracias a esta primera parte se identificó las características de cada tipo de representación lo que es importante para comparar los sistemas de visualización existentes entre sí y conocer sus virtudes y falencias.

Un primer acercamiento a la tecnología lúdica digital fue a través del análisis de la actividad lúdica, lo que evidencio la importancia del juego para el ser humano y las diferentes manifestaciones que existen dentro de un pensamiento lúdico. Tras ello, la investigación se enfocó en el estudio de los elementos más destacados de los videojuegos, así como las diferentes "dimensiones" que conforman un mundo virtual. Analizar los elementos principales de un videojuego como lo es la interfaz gráfica, fue de vital importancia para poder implementar estos conceptos posteriormente en el desarrollo de una aplicación práctica.

El análisis de patrones de uso espacial, la percepción del usuario y la presencia de cartografías o mapas en los videojuegos permitió conocer el papel de la arquitectura en estos entornos virtuales. Al tener presente el vínculo de la arquitectura con los videojuegos se concluye que la tecnología lúdica digital puede aportar nuevas posibilidades al campo de la arquitectura tanto para fines didácticos, profesionales, artísticos, investigativos o de representación visual.

La última parte del trabajo se centró en el uso de herramientas propias de un motor de videojuegos sobre un modelo arquitectónico tridimensional, donde se aprovecha las ventajas de la tecnología lúdica para representar arquitectura. Se concluye que la representación arquitectónica mediante el uso de tecnología lúdica digital es viable y se demuestra mediante una aplicación práctica las ventajas frente a la representación de arquitectura tradicional.

El propósito de utilizar tecnología lúdica digital como herramienta para la representación arquitectónica no se limita al realismo de la visualización gráfica. Las ventajas con respecto a otro tipo de tecnologías son evidentes: la creación de experiencias lúdicas e interactivas, un entorno inmersivo, la visualización en tiempo real y la libertad de exploración. En definitiva, el uso de un motor de videojuegos ofrece herramientas únicas que permiten representar arquitectura con una infinidad de posibilidades de interacción, lo que no es posible mediante una imagen estática, un vídeo u otros medios de representación. Según lo analizado y luego de haber obtenido una aplicación real, a continuación, se realiza una comparación entre el uso de tecnología lúdica digital como herramienta para la representación arquitectónica con respecto a otros tipos de representación:

TABLA 3. COMPARACIÓN ENTRE TIPOS DE REPRESENTACIÓN ARQUITECTÓNICA.

Representación	Relación con el contexto	Datos técnicos	Información del proyecto	Realismo
Croquis	I	I	I	I
Pintura	I	N	I	B
Dibujo	I	MB	MB	I
Maqueta	B	I	I	B
Fotografía	I	N	I	MB
Cinematografía	B	N	B	MB
Fotogrametría	I	B	B	MB
Imagen Digital	I	N	I	MB
Animación Digital	B	N	B	MB
Tecnología lúdica digital	MB	B	B	MB

Representación	Escala	Interacción	Navegación libre	Percepción espacial
Croquis	I	N	N	I
Pintura	B	N	N	B
Dibujo	MB	N	N	I
Maqueta	MB	B	N	B
Fotografía	B	N	N	B
Cinematografía	B	N	N	MB
Fotogrametría	MB	N	N	B
Imagen Digital	B	N	N	B
Animación Digital	B	N	N	MB
Tecnología lúdica digital	MB	MB	MB	MB

N	NULA
I	INSUFICIENTE
B	BUENA
MB	MUY BUENA

Referencia Imágenes

<i>Figura 1.</i> Evolución del mercado mundial de los videojuegos. 2018. Fuente: (DEV, 2018)	6
<i>Figura 2.</i> Previsiones de crecimiento de mercado en los medios inmersivos. 2018. Fuente: (DEV, 2018)	6
<i>Figura 3.</i> Adams. 2014. Conexión entre jugador, interfaz de usuario y mecánicas del juego. Fuente: (Adams, Fundamentals of Game Design, Third Edition, 2014)	39

Tabla 1. Características de categorías del pensamiento lúdico digital. Fuente: elaboración propia	33
Tabla 2. Comparación entre motores de videojuegos. Fuente: elaboración propia	54
Tabla 3. Comparación entre tipos de representación arquitectónica. Fuente: elaboración propia	75

<i>Ilustración 1.</i> Recreación del mapa de Çatalhöyük. 2016. Recuperado en: https://mundogis.info/blog/2016/11/14/mapas-a-traves-de-la-historia-la-historia-de-la-cartografia/	11
<i>Ilustración 2.</i> Maja Wronska. 2016. Acuarela, Sol en Nueva York. Recuperado en: https://www.redbubble.com/es/people/takmaj?ref=artist_title_name	12
<i>Ilustración 3.</i> Frank O. Gehry. 2002. Croquis de Puente de Vida Museo Panamá. Recuperado en: https://www.foga.com/	13
<i>Ilustración 4.</i> Fran Silvestre Arquitectos. 2017. Maqueta. Recuperado en: http://fransilvestrearquitectos.com/proyectos/	14
<i>Ilustración 5.</i> Smith. A. 2010. Dibujo del rascacielos Burj Dubai. Recuperado en: https://es.wikiarquitectura.com/wp-content/uploads/2017/01/Burj_Dubai_Planos-470x1024.jpg	16
<i>Ilustración 6.</i> Iwan Baan. 2014. Fotografía de Librería Nacional de Taiwan de Toyo Ito. Recuperado en: https://iwan.com/portfolio/national-taiwan-university-library-taipei-toyo-ito/	18
<i>Ilustración 7.</i> Iwan Baan. 2017. Fotografía de LEGO house de BIG. Recuperado en: https://iwan.com/portfolio/lego-house-big-bjarke-ingels-group/	18
<i>Ilustración 8.</i> Mariano Cohn. 2009. Fotograma de la película "El hombre de al lado" dentro de la casa Curuchet. Recuperado en: https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/el-hombre-de-al-lado-le-corbusier-en-argentina-casa-curuchet	20
<i>Ilustración 9.</i> Peter Jackson. 2003. Fotograma de la recreación de la ciudad de Minas Tirith de J. R. R. Tolkien en la película: "El señor de los Anillos: El Retorno del Rey". Recuperado en: http://www.ficarq.es/j-r-r-tolkien-revolucion-industrial-arts-crafts-y-art-nouveau-en-la-tierra-media/	20
<i>Ilustración 10.</i> N. Marqués. 2019. Modelo 3D recreado en base a Fotogrametría del coliseo romano. Recuperado en: http://nestormarques.com/pasado-futuro-patrimonio-3d/	22
<i>Ilustración 11.</i> Google Earth. 2019. Levantamiento fotogramétrico 3D de la ciudad de Manhattan-New York. Fuente: https://www.google.com/intl/es/earth/	22
<i>Ilustración 12.</i> ©CÉH. 2019. Sección de <i>Hungarian State Opera</i> realizada en el programa Archicad. Recuperado en: https://www.graphisoft.com/users/bim-case-studies/ceh-hungarian-state-opera-survey.html	24

<i>Ilustración 13.</i> Zaha Hadid arquitectos. 2019. Imagen renderizada del edificio <i>Leeza-Soho</i> . Recuperado en: https://www.zaha-hadid.com/architecture/leeza-soho/#	25
<i>Ilustración 14.</i> Microsoft. 2019. Gafas de realidad mixta Hololens 2. Recuperado en: https://www.microsoft.com/es-es/hololens#coreui-feature-0jfk7ee	26
<i>Ilustración 15.</i> Andrzej Marczewski. 2014. Ejemplo de diseño lúdico en la aplicación <i>Snapchat</i> . Recuperado en: https://www.gamified.uk/2014/07/16/playful-design-vs-game-inspired-design/	30
<i>Ilustración 16.</i> Virtual heroes. 2014. Simulador de médico de combate. Recuperado en: https://www.virtualheroes.com/portfolio/Medical/Combat-Medic	31
<i>Ilustración 17.</i> Chess.com. 2017. Juego de Ajedrez en línea. Recuperado en: https://www.chess.com/es/play/computer	31
<i>Ilustración 18.</i> Singapore-MIT GAMBIT Game Lab. 2011. A closed world. Un juego serio en la plataforma <i>Games For Change</i> que se centra en los desafíos de la comunidad LGBTQ. Recuperado en: http://www.gamesforchange.org/game/a-closed-world/	32
<i>Ilustración 19.</i> The Wall street Journal Live. 2013. Fotograma del Vídeo: <i>Have you got what it takes to be a Lego designer?</i> Recuperado en: https://www.wsj.com/video/have-you-got-what-it-takes-to-be-a-lego-designer/8E3362FD-474B-4520-A259-310F61582FCC.html	33
<i>Ilustración 20.</i> Bandai Namco. 1980. Videojuego Abstracto, tipo laberinto, Pacman. Recuperado en: https://pacman.com/en/	35
<i>Ilustración 21.</i> Gaijin Games. 2012. Videojuego realista-simulación, War thunder. Recuperado en: https://warthunder.com/en/media/screenshots/	35
<i>Ilustración 22.</i> Black Tusk Studios. 2016. Videojuego lineal, Gears of war 4. Recuperado en: https://gearsofwar.com/es-es/games/gears-of-war-4	35
<i>Ilustración 23.</i> Rock star games. 2013. Videojuego no lineal, Grand theft auto V. Recuperado en: https://www.rockstargames.com/V/img/global/screenshots/518-3840.jpg	35
<i>Ilustración 24.</i> Mojang. 2011. Captura de pantalla en minecraft, Interfaz con línea de comandos. Fuente: elaboración propia. 2019.....	39
<i>Ilustración 25.</i> Maxis. 2014. Captura de pantalla de Interfaz gráfica de usuario en Sims4. Fuente: elaboración propia	40
<i>Ilustración 26.</i> Maxis. 2014. Captura de pantalla de interacción con uno de los objetos del entorno en sims 4. Fuente: elaboración propia	40
<i>Ilustración 27.</i> Block by Block. 2013. Proyecto en Kenya por parte de la Onu usando el videojuego Minecraft. Recuperado en: https://www.blockbyblock.org/projects/nairobi	43
<i>Ilustración 28.</i> Blockworks. 2018. Proyecto de la Empresa <i>Blockworks</i> usando como herramienta el videojuego Minecraft. Recuperado en: https://www.blockworks.uk/projectrefresh	43
<i>Ilustración 29.</i> Eidos Montréal. 2018. Espacio desafío, Shadow of the Tom Rider. Recuperado en: https://hydra.cdn.sqexeu.com/assets/SHADOW-OF-TOMB-RAIDER_ENTITIES/f2d4aea260275717b3df77669775e602.png	46
<i>Ilustración 30.</i> Epic Games. 2017. Espacio disputado, Fornite. Recuperado en: https://cdn2.unrealengine.com/Fortnite%2FCreativeMode%2FfortniteF-1920x1080-718f616ddd5eb4e6f8a5bf9859554a9a71f3f87c.png	46
<i>Ilustración 31.</i> Maxis. 2014. Espacio nodal, The Sims 4. Recuperado en: https://www.ea.com/media/cache/full/content/dam/www-thesims/2017/06/TS4_797_EP03_PRESS_LAUNCH_SCREENSHOTS_01_001.jpg	46
<i>Ilustración 32.</i> Ensemble Studios. 1999. Espacio codificado, Age of Empires 2. Fuente: captura de pantalla propia. 2019	47

<i>Ilustración 33.</i> Introversion Software. 2015. Espacio de creación, Prison Architect. Recuperado en: https://steamcdn-a.akamaihd.net/steam/apps/233450/ss_9f9e4cc544c7bdf755625ab234304ffe9947d73d.600x38.jpg?t=1549032392	47
<i>Ilustración 34.</i> Ghost Games. 2017. Contextualización, Need for speed playback. Recuperado en: https://media.contentapi.ea.com/content/dam/need-for-speed/images/2017/09/nfsp-world-landmark-ark-tower-2x.jpg.adapt.crop16x9.1455w.jpg	47
<i>Ilustración 35.</i> Rock star games. 2013. Mapa de la ciudad "Los Santos" en el videojuego Grand theft auto V. Recuperado en: http://gta-5-map.com/	48
<i>Ilustración 36.</i> Crytek. 2002. Logotipo de CryEngine V. Recuperado en: https://press.cryengine.com/media#	51
<i>Ilustración 37.</i> Unity Technologies. 2005. Logotipo de Unity. Recuperado en: https://unity3d.com/es/public-relations/downloads	51
<i>Ilustración 38.</i> Epic Games. 1998. Logotipo de Unreal Engine 4. Recuperado en: https://www.unrealengine.com/en-US/branding	51
<i>Ilustración 39.</i> Fran Silvestre Arquitectos. 2019. Fotografía desde el solar en la bahía de Calpe. Fuente: Cortesía de Fran Silvestre Arquitectos	55
<i>Ilustración 40.</i> Fran Silvestre Arquitectos. 2019. Maqueta de la Casa Espejo de agua. Fuente: Cortesía de Fran Silvestre Arquitectos	55
<i>Ilustración 41.</i> Interfaz de Archicad22 con modelo 3D. Fuente: elaboración propia. 2019	56
<i>Ilustración 42.</i> Modelo en 3DS Max 2018 con el material de prueba. Fuente: elaboración propia. 2019	57
<i>Ilustración 43.</i> Pack de mapas de iluminación de un objeto. Modificador Unwrap UVW. Fuente: elaboración propia. 2019	57
<i>Ilustración 44.</i> Cajas de bloqueo en color rosa. Fuente: elaboración propia. 2019	59
<i>Ilustración 45.</i> Creación de terreno en UE4. Fuente: elaboración propia. 2019	60
<i>Ilustración 46.</i> Zaal Greg. 2016. Imagen HDRI usada para el fondo. Recuperado en: https://hdrihaven.com/hdri/?c=skies&h=table_mountain_1	60
<i>Ilustración 47.</i> Ejemplo de una configuración básica con nodos en el editor de materiales. Fuente: elaboración propia. 2019	61
<i>Ilustración 48.</i> Materiales utilizados en el proyecto. Fuente: elaboración propia. 2019	61
<i>Ilustración 49.</i> Densidad en mapeado de iluminación. Fuente: elaboración propia. 2019	63
<i>Ilustración 50.</i> Vista antes del cálculo de iluminación. Fuente: elaboración propia. 2019	63
<i>Ilustración 51.</i> Vista después del cálculo de iluminación. Fuente: elaboración propia. 2019	63
<i>Ilustración 52.</i> Vista del entorno creado para el proyecto. Fuente: elaboración propia. 2019. ..	64
<i>Ilustración 53.</i> Captura de pantalla en una de las áreas del proyecto. Fuente: elaboración propia. 2019	64
<i>Ilustración 54.</i> Captura de pantalla en una de las áreas del proyecto. Fuente: elaboración propia. 2019	65
<i>Ilustración 55.</i> Captura de pantalla en una de las áreas del proyecto. Fuente: elaboración propia. 2019	65
<i>Ilustración 56.</i> nodos para cargar y descargar <i>streaming levels</i> en un espacio del proyecto. Fuente: elaboración propia. 2019	66
<i>Ilustración 57.</i> interfaz gráfica permanente en la pantalla del ordenador. Fuente: elaboración propia. 2019	67
<i>Ilustración 58.</i> Icono para acceder a la interfaz para amoblar el espacio. Fuente: elaboración propia. 2019	68

<i>Ilustración 59.</i> Interfaz para posproducción y realizar capturas de pantalla. Fuente: elaboración propia.2019.....	68
<i>Ilustración 60.</i> Icono de acceso a los planos y ubicación del personaje en el juego. Fuente: elaboración propia.2019.	69
<i>Ilustración 61.</i> Interfaz menú-pausa para ordenador. Fuente: elaboración propia.2019.....	69
<i>Ilustración 62.</i> Interfaz con línea de comandos para ordenador. Fuente: elaboración propia.2019.....	70
<i>Ilustración 63.</i> Interacción con objetos, botones para cambiar textura de muebles. Fuente: elaboración propia.2019.	70
<i>Ilustración 64.</i> Captura de pantalla de aplicación en dispositivo móvil. Fuente: elaboración propia.2019.....	71
<i>Ilustración 65.</i> Parte de la programación de nodos dentro del nivel principal. Fuente: elaboración propia.2019.	72
<i>Ilustración 66.</i> Nivel secundario que muestra la estructura del proyecto. Fuente: elaboración propia.2019.....	72

Bibliografía

- Abt, C. C. (1987). *Serious Games*. New York: University Press of America.
- Adams, E. (2003). The Construction of Ludic Space. *Proceedings of the 2003 DiGRA International Conference: Level up*. DiGRA '03.
- Adams, E. (2014). *Fundamentals of Game Design, Third Edition*. New Riders.
- Albertz, J. (2002). Albrecht meydenbauer – pioneer of photogrammetric documentation of the cultural heritage . En J. Albertz, *Proceedings 18th International Symposium CIPA 2001* (págs. 19-25). Berlín.
- Almargo, A. (2003). De la fotogrametría a la infografía. Un proceso informatizado de documentación. In A. García Porras, *Informática y Arqueología medieval* (pp. 47-81). Granada: Universidad de Granada.
- Anderson, S. P. (2011). *Seductive Interaction Design*. Berkeley: New Riders.
- Azara, P. (2006, Abril). Maquetas en el mundo antiguo. (V. Esparza, Interviewer)
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6 N°4, 355-385.
- Azuma, R. (2016). The Most Important Challenge Facing. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 25 N°3, 234-238.
- Buill, F., Nuñez, M., & Rodríguez, J. (2007). *Fotogrametría arquitectónica*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Carazo Lefort, E. (2011). Maqueta o modelo digital. La pervivencia de un sistema. *EGA Expresión gráfica arquitectónica*, 17, 30-41.
- Cartier-Bresson, H. (2003). *Fotografiar del natural*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Caudell, T., & Mizell, D. (1992). Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*. 2, pp. 659-669. Seattle: Boeing computer services, research and technology.
- Cohn, D. (2017). SÓLIDO Y VACÍO. *TC Escenarios para la vida*, 4-8.
- Cohn, M., & Duprat , G. (Directors). (2009). *El hombre de al lado* [Motion Picture]. Argentina.
- d'Errico, F., & Stringer, C. (2011). Evolution, revolution or saltation scenario for the emergence of modern cultures? *Phil. Trans. R. Soc. B*, 366, 1060-1069.
- d'Errico, F., García, R., & F. Rifkin, R. (2012). Technological, elemental and colorimetric analysis of an engraved ochre fragment from the Middle Stone Age levels of Klasies River Cave 1, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 39(4), 942-952.
- De Koven, B. (2013). *The Well-Played Game*. Cambridge: The Mit Press.
- DEV. (2018). *Libro Blanco del desarrollo español de videojuegos 2018*. Madrid: DEV.
- Devesa, R. (2011). El cine como pretexto para la arquitectura. *DC PAPERS 21-22*, 8-10.

- Fernández-Galiano, L. (2013). Modos de ver. *Arquitectura Viva*, 3.
- González, L. (2010). Técnica y imagen: la fotografía de arquitectura como concepto. . *ArtCultura*, 91-109.
- Hernández, L., Taibo, J., Seoane, A., & Jaspe, A. (2011). La percepción del espacio en la visualización de arquitectura mediante realidad virtual inmersiva. *expresión gráfica arquitectónica*, 252-261.
- Huizinga, J. (1972). *Homo ludens*. (E. Imaz, Trad.) Madrid: Alianza/Emecé.
- ISPRS. (2000). *Historical Background*. Retrieved from ISPRS: <https://www.isprs.org/society/history.aspx>
- Joordens, J. C. (2015). Homo erectus at Trinil on Java used shells for tool production and engraving. *Nature*, 518, 228-231. Obtenido de <https://www.nature.com/articles/nature13962>
- Kale, G. (2005). Interacción del cine y la arquitectura: mirando a través de la primera mitad del siglo XX. *Bifurcaciones*, 2-10.
- Kapp, K. (25 de Marzo de 2013). *Two Types of #Gamification*. Obtenido de Karl M. Kapp: <http://karlkapp.com/two-types-of-gamification/>
- Korkala, P., Järvinen, E., Fieandt, K., & West, L. (2007). Space perception. In *Encyclopaedia Britannica* (p. Space). Encyclopaedia Britannica.
- Lanier, J., & Biocca, F. (1992). An Insider's View of the Future of Virtual Reality. *Journal of Communication*, 42(4), 150–172.
- Linder, A. (1963). La fotografía y el arquitecto. *El arquitecto peruano*, 104-115.
- Manovich, L. (2005). *El lenguaje de los nuevos medios de comunicación. La imagen en la era digital*. Barcelona: Paidós.
- Marczewski, A. (2015). *Game Thinking. Even Ninja Monkeys Like to Play: Gamification, Game Thinking and Motivational Design*. (1. ed., Ed.) CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Maté, D. (2008). Interfaces del videojuego: recorrido conceptual y propuesta teórica. *Letra, Imagen. Sonido: Ciudad Mediatizada.*, 89-108.
- McGregor, G. L. (2007). Situations of Play: Patterns of Spatial Use in Videogames. *Proceedings of the 2007 DiGRA International Conference: Situated Play*, 1-9.
- Nieto, F. (2015). *Antonio López en El Sol del membrillo: una lección de arquitectura (Tesis Doctoral)*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Norberg-Schulz, C. (1979). *Intenciones en arquitectura*. (J. Sainz, & F. González Fernández de Valderrama, Trads.) Barcelona: Gustavo Gili.
- Novak, J. (2011). *Game development Essentials, 3rd Edition*. Delmar Cengage Learning.
- Olmos, C. C. (2001). El Plano de Sankt Gallen. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 78, 51-75.

- Oxland, K. (2004). *Gameplay and design*. London: Addison-Wesley.
- Pallasmaa, J. (2006). *Los ojos de la piel, la arquitectura y los sentidos*. . Barcelona: Gustavo Gili.
- Pastrano, F. (2007, 11 26). *El primer plano de la historia*. Retrieved from ABC:
https://www.abc.es/hemeroteca/historico-26-11-2007/abc/Cultura/el-primer-plano-de-la-historia_1641423501368.html
- Polión, M. (1992). *Los diez libros de arquitectura (No. 2)*. (J. Ortiz, & Sanz, Trads.) Madrid: Ediciones Akal.
- Ragnedda, M. (2017). *The third digital divide: a Weberian approach to digital inequalities*. New York: Routledge.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la lengua española (23.a ed.)*. Obtenido de <http://www.rae.es/>
- Ruiz, A., Urdiales, C., Sandoval, F., & Fernández-Ruiz, J. (2004). *Ideación Arquitectónica Asistida mediante Realidad Aumentada*. Málaga: Universidad de Málaga.
- Sainz, J. (2005). *El dibujo de arquitectura : teoría e historia de un lenguaje gráfico*. Barcelona: Reverté.
- Sainz, J., & Valderrama, F. (1992). *Infografía y arquitectura. Dibujo y proyecto asistido por ordenador*. Madrid: NEREA.
- Sanchez, M. (25 de Marzo de 2015). *Metaspace*. Obtenido de Cartografías del Metaverso:
<https://metaspaceblog.com/2015/03/25/cartografias-del-metaverso/>
- Shutherland, I. (1963). SKETCHPAD A MAN-MACHINE GRAPHICAL COMMUNICATION SYSTEM. *Proceedings-spring joint computer conference* (pp. 507-524). Cambridge: Massachusetts Institute of Technology .
- Sicart, M. (2014). *Play Matters*. Cambridge : The MIT Press.
- Telva n°859. (2010, Noviembre). 136. (N. Foster, Interviewer)
- Uria, L. (2007). Expansión y crisis del dibujo. Reflexiones sin imágenes. *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 12, 50-59.
- Vale, B., & Vale , R. (2013). *Architecture on the Carpet: The Curious Tale of Construction Toys and the Genesis of Modern Buildings*. Londres: Thames & Hudson,.
- Wilton-Ely, J. (2006). La maqueta Arquitectónica. *DC PAPERS*, 29-40.
- Yagou, A. (2013). *Modernist Complexity on a Small Scale: The Dandanah glass building blocks of 1920*. Preprint, no 6: Deutsches Museum.
- Zevi, B. (1998). *Saber ver la arquitectura*. Barcelona: Apóstrofe.