

TFG

**DISEÑO Y MODELADO DE UN PERSONAJE
PARA VIDEOJUEGO 3D**

**Presentado por David Mayo Murube
Tutor: Francisco Martí Ferrer**

**Facultat de Belles Arts de Sant Carles
Grado en Bellas Artes
Curso 2015-2016**



**UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES**

RESUMEN

En esta memoria expongo mi trabajo de fin de grado de tipología práctica, consistente en la elaboración de un personaje 3D para un videojuego orientado a plataformas de prestaciones gráficas medio-altas. Durante este proyecto se han aplicado los conocimientos adquiridos durante mi etapa de formación en los cuatro años de grado, en especial los de los dos últimos, tanto en asignaturas del plan de estudios como de forma autodidacta, con la finalidad de adquirir un perfil profesional con conocimientos de modelado digital 3D, texturas, UV mapping, iluminación y render.

El personaje es un varón de entre 60 y 70 años de edad con indumentaria apropiada para ejercer de francotirador no uniformado. Los accesorios como balas, prismáticos y fusil han sido también modelados y texturizados. Se ha optado por esta apariencia debido a la relación de la edad del personaje con su hipotética experiencia como tirador y por el impacto visual de los rasgos faciales, que encaja dentro de un ambiente hostil.

A partir de un modelado de alta poligonización, obtuve un modelo de media poligonización -que permite la jugabilidad en las plataformas de destino (PC y consolas)- al cual transferí los detalles mediante mapas de textura y de normales.

Palabras claves: videojuego, modelado 3d, diseño.

ABSTRACT

The aim of this final degree project with practical typology, consists in the development of the 3d game character for a video game of platforms oriented medium-high graphics performance. During this project have applied the knowledge acquired during my stage training in the four year degree, especially those of the last two, as much is subjects course of study as autodidact way, with the purpose of acquiring a professional profile with knowledge of digital 3D modeling, textures, UV mapping, lighting and rendering.

The character is a male of 60-70 years of age with sniper suitable for exercise without uniformed clothing. The accessories as bullets, binoculars and rifle have also been modeled and textured. It has been chosen by this appearance due to the relationship of the age of character with its hypothetical experience as a shooter and for the visual impact of facial features, which fits within a hostile environment.

From the high poly modeling, got a media model -allows the gameplay poly target platforms (PC and consoles)- which is transferred the details by texture maps and normal maps.

Keywords: videogames, modeling 3d, design.

AGRADECIMIENTOS

A Francisco Martí por su persistente ayuda y guía durante el trabajo.

A mis padres, que sin ellos no hubiese sido posible

A Raquel por su gran apoyo durante todo el año

A todos vosotros, gracias.

ÍNDICE

Introducción	6
1. Objetivos y metodología	7
1.1 Objetivos	8
1.2 Metodología	8
2. Contexto y referentes	10
2.1 Tipos de videojuegos	10
2.2 Sector industrial y profesional de los videojuegos	11
2.3 Referentes	13
3. Técnicas y proceso	15
3.1 Técnicas	15
3.1.1 Modelado 3D	15
3.1.2 Topología	18
3.1.3 Render	20
3.2 Proceso	20
3.2.1 Bocetos	20
3.2.2 Programas utilizados	21
3.2.3. Modelado del personaje	22
3.2.3.1. Cabeza	23
3.2.3.2. Vestuario	26
3.2.3.3. Manos	26
3.2.3.4. Botas	27
3.2.3.5. Prismáticos	28
3.2.3.6. Balas y canana	28
3.2.3.7. Fusil	29
3.2.3.8. Integración	29
3.2.4. Mapas	30
3.2.5. Materiales, pose, iluminación y render	33
3.2.5.1. Materiales	33
3.2.5.2. Pose	34
3.2.5.3. Iluminación	34
3.2.5.4. Render	35
4. Conclusiones	37
5. Bibliografía	38

INTRODUCCIÓN

El tema de este trabajo es el diseño y elaboración de un personaje principal para un videojuego 3d orientado a plataformas de prestaciones gráficas medio-altas. La motivación principal fue adquirir capacidades conducentes a desarrollar un perfil profesional de artista 3D orientado particularmente al ámbito de los videojuegos y su concreción parte de mi interés por el naturalismo en la representación gráfica del ser humano, especialmente de los pliegues faciales por causa de la vejez. Elegí como contexto del personaje un ambiente hostil de tipo bélico, tema recurrente en videojuegos de acción y adecuado para un personaje con rostro duro e intimidatorio.

Tras unos esbozos (modelado en plastilina de la cabeza y bocetos en papel), comencé el modelado digital con un modelo de baja poligonización tanto para el personaje como para su indumentaria y accesorios, pasando a un software con herramientas más útiles para un modelado de alta poligonización, con la posibilidad de realizar detalles como arrugas, cicatrices o poros en la piel.

Durante el proceso de producción se ha tenido que tener en cuenta además del modelado, la topología¹ de cada uno de los objetos realizados en el proyecto, para realizar correctamente el mapeado UV² para los mapas de luz difusa y el de normales y controlar la deformación de la malla poligonal en la animación. Al tratarse de un personaje humano, hay que cuidar especialmente la topología de las partes orgánicas deformables, en nuestro caso, la cabeza y las manos.

Una vez modelados todos los elementos del personaje y concluida su topología, se ha utilizado la herramienta *Polypaint*³ de Zbrush para crear los mapas de textura, que posteriormente se proyectan sobre un modelo con un número mucho menor de polígonos utilizando sus UV's, con el fin de que el motor de juego (software) y la plataforma de destino (hardware) sean capaces de manipular adecuadamente la geometría y los mapas propiciando la jugabilidad en tiempo real. En nuestro caso, el personaje ha pasado de tener 30 millones de polígonos antes de la extracción de mapas UV's a 35 mil polígonos.

¹ Véase pág. 19 de este trabajo

² Las coordenadas de textura, coordenadas UV o UV's establecen la posición relativa entre la geometría y los mapas de textura. Véase: HUGHES, J. F. et al. *Computer Graphics. Principles and practice*. p. 215-216

³ Esta herramienta permite pintar colores de vértice, que se interpolan en las distintas coordenadas de cada triángulo. Para obtener mapas con la suficiente resolución hay que subdividir la malla poligonal hasta alcanzar una resolución aproximada de un vértice por pixel de textura.

En lo que se refiere al trabajo escrito, el cuerpo está estructurado en dos capítulos: “Contexto y referentes” y “Técnicas y proceso”.

En el primero de ellos, se abordan en sucesivos subcapítulos: clasificaciones de los videojuegos según varios criterios (“Tipos de videojuegos”), el contexto industrial y profesional (“Sector industrial y profesional de los videojuegos”) y referentes artísticos de diversas disciplinas (“Referentes”).

En el segundo hay una descripción de las técnicas utilizadas (“Técnicas”) y una explicación detallada de su aplicación en el proceso de elaboración del personaje (“Proceso”). Este último subcapítulo se divide a su vez en apartados y subapartados correspondientes a fases del proceso general y construcción de elementos concretos.

1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

1.1. Objetivos

Para la realización de este Trabajo de Fin de Grado me propuse los siguientes objetivos:

Diseñar y modelar un personaje para un nivel de videojuego 3d con una calidad gráfica que permitiese reproducir adecuadamente la estética y requisitos técnicos del proyecto.

Integrar y desarrollar los conocimientos adquiridos durante el periodo de formación en el grado de Bellas Artes, además de lo aprendido durante el proceso de elaboración de este trabajo.

Realizar un texto con los requisitos que especifica la rúbrica dentro de los plazos establecidos para poder finalizar mis estudios de grado y así comenzar estudios de master en el próximo curso.

Como objetivo secundario, modelar los accesorios (arma, balas, etc...)

1.2. Metodología

La metodología empleada para este proyecto ha comenzado por la búsqueda de referencias y la descripción gráfica del personaje, incluyendo la anatomía, el vestuario y los diferentes props. Además, se ha realizado un modelado físico con plastilina de la cabeza.

Con estas referencias, se ha pasado al modelado digital, creando los diferentes modelos en 3d Max con un nivel medio de polígonos que servirá para poder seguir con un modelado en un nivel superior de subdivisión de la malla poligonal en Zbrush.

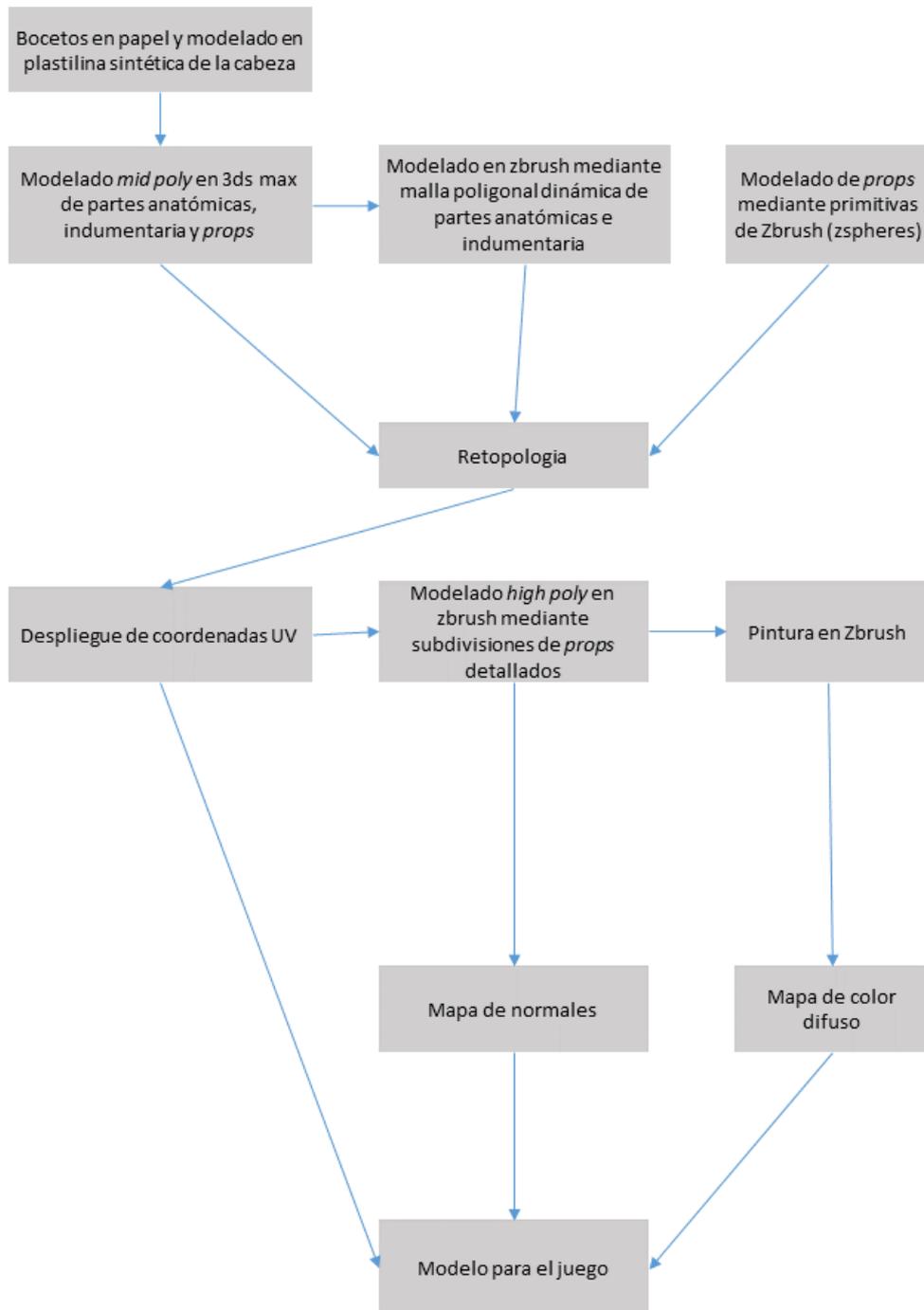
Estos modelos importados a Zbrush han sido modelado a partir de la malla base de tal modo que llegue al nivel de detalles deseado, corrigiendo también volumetría y proporciones. Algunos de los *props* han sido directamente elaborados dentro de Zbrush.

A partir de los modelos con una calidad alta en cuanto a detalles se refiere, se ha realizado una retopología para poder realizar un despliegue de coordenadas UV, reducir el número de polígonos y evitar deformaciones en un proceso de animación futura del personaje.

La subdivisión sucesiva de la malla ha permitido, por una parte, poder modelar el nivel de detalle deseado y pintar digitalmente el personaje para extraer posteriormente los mapas de color difuso y de normales con una resolución adecuada y transferirlas a un nivel más bajo de subdivisión con las coordenadas UV especificadas.

Finalmente, el modelo se ha exportado a 3d Max para posarlo con sus accesorios, mediante un *rigging* y *skinning* y renderizarlo con un software de arte final (Mental ray)

En el gráfico siguiente podemos ver un esquema del flujo de trabajo



Proceso de trabajo del proyecto.

2. CONTEXTO Y REFERENTES

2.1. TIPOS DE VIDEOJUEGOS.

Los videojuegos han pasado de ser producto de la cultura de masas, con las primeras consolas de Atari en 1972, a objeto de estudio en el ámbito académico.

Según Oliver Pérez Latorre, profesor e investigador la Universidad Pompeu Fabra, el género de los videojuegos pueden ser analizados desde la aproximación de varias perspectivas teóricas de los juegos en general, en función de la dialéctica de la asimilación y de la acomodación, estableciendo estas tipologías: juego de asimilación (imaginativo, frecuente en niños), juego de acomodación (adaptación del jugador a un entorno exterior) y juego competitivo (presentan un balance entre acomodación y asimilación).

“Esencialmente, los videojuegos forman parte del juego competitivo, pero puede resultar interesante valorar si un videojuego en concreto se decanta más hacia el juego de asimilación o hacia el juego de acomodación”⁴

Otra clasificación puede darse en función de la estructura del juego, que el profesor Latorre ha dividido en cuatro grupos.

- Sistemas paidea⁵ de *gameplay*⁶ abierta: entorno lúdico-festivos (baile de disfraces o recreo de los niños).
- Sistemas paidea de *gamplay* rígida: juegos deportivos (yoyó, diábolo o boomerang).
- Sistemas ludus⁷ de *gameplay* abierta: juegos de deportes que permiten variedad estratégica (fútbol o baloncesto).
- Sistemas ludus de *gameplay* rígida: deportes orientados al perfeccionamiento de la ejecución estratégica (atletismo).

Podemos extraer de esta clasificación dos bloques generales: géneros de videojuego de *gameplay* abierta y géneros de videojuego de *gameplay* cerrado.

⁴ PEREZ LATORRE, O. *Géneros de juegos y videojuegos. Una aproximación desde diversas perspectivas teóricas.*

⁵ Sistemas de juego con reglas escasamente convencionalizadas o formalizadas

⁶ La experiencia o dinámica de juego.

⁷ Sistemas de juego con reglas altamente convencionalizadas o formalizadas

Otra clasificación de los videojuegos corresponde a la finalidad del jugador implícito, basándose en la experiencia del juego con tres finalidades no excluyentes entre sí: finalidad de orden competitivo (ganar/perder), finalidad consistente en el descubrimiento y/o construcción de una experiencia narrativa y finalidad orientada a la comprensión sobre el funcionamiento del sistema. Diferentes géneros responden a esta clasificación: videojuego de acción, estrategia, aventuras, rol, simulador y videojuego de simulación.

Finalmente, una última clasificación es según la dominante de mecánicas de juego, teniendo como mecánicas encontradas en los videojuegos, la recolección, la caza, la guerra, alineación, carreras, construcción, etc.⁸

A falta de un GDD⁹, no podemos hablar de estructura y mecánicas, si bien considero el personaje adecuado para un género de acción, estrategia, aventuras o rol, siendo las finalidades principales el descubrimiento y la construcción de una experiencia narrativa.

2.2. SECTOR INDUSTRIAL Y PROFESIONAL DE LOS VIDEOJUEGOS.

El sector del videojuego ha crecido considerablemente en los últimos años, generando en España un total de 1.083 millones de euros en 2015, un 8,7% más que en el ejercicio anterior, reafirmando su liderazgo económico entre las industrias audiovisuales. En el mismo año, la industria de los videojuegos generó en todo el mundo más de 91.500 millones de dólares.

Las ventas físicas generan entorno al 70% de los ingresos, mientras que las ventas online entorno al 30%, teniendo un gran impacto los juegos en aplicaciones móviles. El número de usuarios entre hombres y mujeres es equilibrado, siendo un 53% hombres y un 47% mujeres, en su mayoría con estudios de bachillerato y universitarios, dedicando a esta actividad una media de 6 horas semanales.¹⁰

Este crecimiento que se ha ido intensificando desde la primera generación de consolas domésticas en la década de los 70, no ha dejado de producir demanda de puestos de trabajo especializados para perfiles con formación artística, siendo cada vez más importante el conocimiento de las técnicas para videojuegos 3D. Esta demanda creciente se ha intensificado durante los últimos años, aumentando las expectativas de oportunidades laborales en un futuro inmediato.

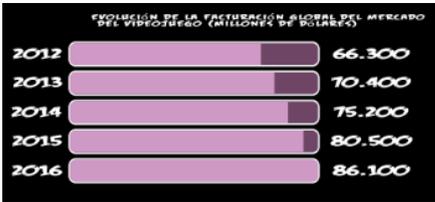
⁸ Para más información: PEREZ LATORRE, O. *Géneros de juegos y videojuegos. Una aproximación desde diversas perspectivas teóricas.*

⁹ *Game Design Document.*

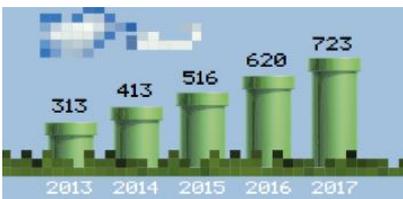
¹⁰ Datos obtenidos de: *Libro blanco del desarrollo español de los videojuegos.*



del videojuego en 2015. Fuente: Asociación española de videojuegos.



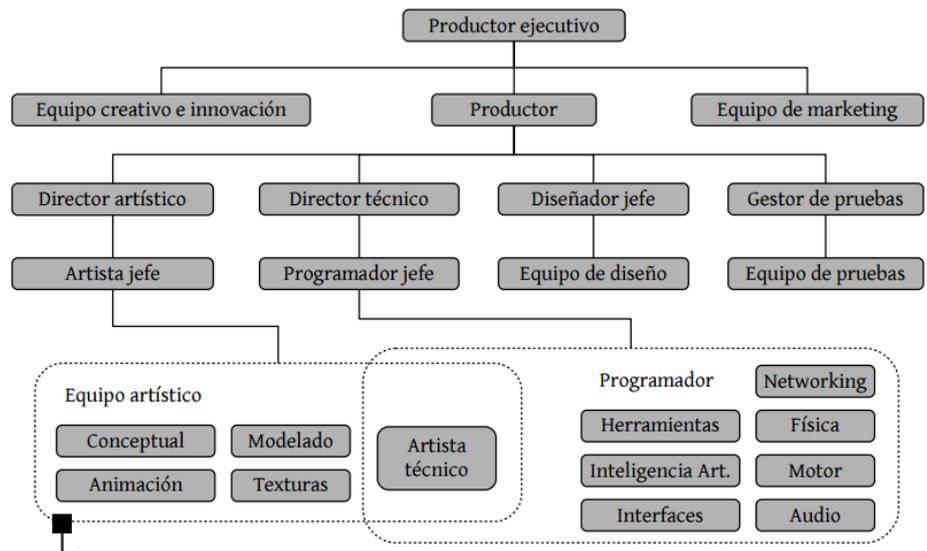
Facturación global del mercado del videojuego (millones de dólares). Fuente: Libro blanco del videojuego.



Evolución mercado de los videojuegos en España (millones de euros). Fuente: Libro blanco del videojuego.

Los diferentes perfiles artísticos que demanda el sector de los videojuegos son variados. Directores de arte, animadores, *concept artists*, fondistas, diseñadores de personajes, modeladores digitales, texturizadores, iluminadores y otros especialistas se integran en equipos multidisciplinares con guionistas, diseñadores de sonidos, programadores, *testers*, etc...

En el gráfico inferior podemos ver la estructura organizativa tipo de un proyecto de videojuego según las diversas áreas y funciones profesionales.



Visión conceptual de un equipo de desarrollo de videojuegos.

Fuente: escuela superior de informática. Universidad de Castilla-La Mancha

De los perfiles profesionales ya citados, el artista 3d es el que más se adecúa a nuestro proyecto, desempeñando diferentes roles dentro de este. Este desempeño de diferentes facetas es muy común en empresas pequeñas, donde el presupuesto es mínimo y una sola persona tiene que realizar varios trabajos al mismo tiempo, pudiendo ser un artista 2d fondista, *concept artist* y al mismo tiempo animador. En el caso de nuestro proyecto, los diferentes perfiles del artista 3d son realizados por una sola persona para poder llegar al resultado deseado, desde el diseño hasta el render, pasando por el modelado, texturizado e iluminación.

En grandes empresas, el “hombre orquesta” no suele aparecer, ya que, al tener un alto presupuesto, puede permitirse tener un profesional que se dedica a una sola tarea, por lo que para cada perfil o rol hay una persona encargada, pudiendo abordarse proyectos más complejos.

2.3. REFERENTES

Al comienzo del proyecto, se tuvieron en cuenta varios referentes artísticos, incluyendo el ámbito audiovisual, desde la escultura griega hasta la escultura hiperrealista actual, buscando el naturalismo y el gusto por el detalle.

En cuanto al vestuario, se ha tomado en cuenta referencias indumentarias desde el “siglo de oro” español a la revolución francesa, destacando los atuendos austeros de las clases populares.

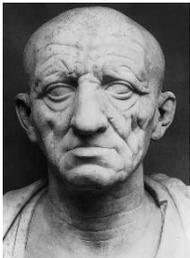
Se ha buscado el mayor naturalismo posible en el retrato, con el gusto por el detalle, acentuando las arrugas y pliegues de la piel y una mirada penetrante que le diese una personalidad al personaje. Entre las referencias plásticas que han influido en el diseño de mi personaje, destacaré:



Autorretrato. Rembrandt. Óleo sobre lienzo. 1669.



La crucifixión de San Pedro. Caravaggio, 1601.(Detalle)



Viejo Torlonia, mármol (h.70 a.C.). Retrato de la Roma Republicana (509-27 a.C.)



Escultura. Ron Mueck.

Rembrandt (1606-1669) buscaba esta mirada en sus retratos, como en *Old men in red* o el retrato de Johannes Wtenbogaert además de sus *autorretratos*, entre otros.

Caravaggio (1571-1610) buscaba la mirada como reflejo de la personalidad y el dolor, para captar el momento psicológico de la vida del retratado, intensificado por el claroscuro en sus pinceladas. El tenebrismo de Caravaggio, recrea escenas naturalistas, crudas y descarna la belleza idealizada, recurriendo a personajes de la calle con rostros sin dulcificar.

El busto romano de un anciano (S. I a.c.) de la colección del extinto Museo Torlonia ha sido de gran referencia en cuanto a volúmenes y expresión con impacto psicológico, algo frecuente en el retrato romano de esta época, en el que los rasgos no se idealizan, expresándose la personalidad a través del gesto.

En una época más actual, el hiperrealismo de *Ron Mueck* (1958-hoy), escultor australiano que actualmente sigue creando esculturas hiperrealistas con todo lujo de detalles.



No One - In Particular (2004-2007). Evan Penny. Escultura.



The man with the trayaska. Vaggelis Fragiadakis.



La libertad guiando al pueblo. Eugène Delacroix. 1830. Óleo sobre lienzo.



Assassin's Creed Unity. Desarrollado por Ubisoft. 2014.



El perfume. Director: Tom Tykwer. Año 2006.



Águila roja. Productora: Globomedia. Serie TV.

Evan Penny (1953-hoy) escultor hiperrealista canadiense, trabaja con sílicona, pelo y aluminio para crear obras de la talla de *Ron Mueck*.

Vaggelis Fragiadakis (1958-hoy) fotógrafo que busca la belleza, el humor y la tragedia. Se siente atraído por la representación de las personas, conociéndolas para aprender un poco de ellas y así poder tomar disparos de cámara de un modo más amistoso.¹¹

La libertad guiando al pueblo, pintado por *Eugène Delacroix* (1798-1863) durante la revolución francesa en 1830, y cuya protesta por el autor fue "he emprendido un tema moderno, una barricada y si no he luchado por la patria, al menos pintaré para ella". En este lienzo se muestra claramente una vestimenta de la época, con camisas y chalecos austeros y sencillos. La revolución está muy presente en el vestuario. En el siglo XVIII, los *sans-culottes* vestían pantalones largos y chaqueta con botones metálicos. Muchos burgueses comenzaron a llevar esta indumentaria, siendo una forma de protesta contra la monarquía.

Assassin's Creed Unity, está ambientada en la revolución francesa en el sector de los videojuegos, donde los atuendos de la época son visibles en cada uno de los personajes que aparecen durante la historia.

La adaptación audiovisual de la novela *El perfume*, del escritor y guionista alemán *Patrick Süskind*, muestra el gran don que tiene el protagonista de la historia con su olfato y donde aparece un ambiente similar al representado en lienzos de Delacroix, con indumentarias cómodas y sencillas, en contraste con la extravagante moda cortesana del momento.

La serie televisiva *Águila roja*, ambientada en el Madrid del Siglo de Oro, durante el reinado de Felipe IV, alrededor de 1660, los humildes vestían con ropajes sencillos, compuestos por camisas amplias de lino o algodón.

¹¹ Para saber más véase: <http://vaggelisfragiadakis.daportfolio.com/>



El cuarto estado. Guiseppe Pelliza. Óleo sobre lienzo. 1901

La producción audiovisual *Novecento*, dirigida por Bernardo Bertolucci, muestra en su comienzo la obra más importante de *Giuseppe Pelliza Da Volpedo* (1868-1907) en el año 1901, llamado *El cuarto estado*, en el que muestra un grupo de personas del proletariado, reflejando la sociedad de su época de una forma realista y fiel. El vestuario es típico de la revolución industrial del momento, llevado por personas que se dedicaban al mundo agrícola, con pantalones largos, camisa de lino, chaleco y sombreros, todo ello de colores cálidos.



Call of Duty Modern Warfare II. Desarrollad por Infinity Ward. Año 2009. Detalle Barret cal 50.

Call of Duty Modern warfare II es una de las grandes sagas de videojuegos FPS¹². Como referencia se ha elegido las armas de fuego que aparecen durante la historia del videojuego. En concreto, unas de las armas en las que se ha basado el proyecto han sido los fusiles de francotirador, como los L118A, AS50 o Barret 50 Cal, entre otros.

3. TÉCNICAS Y PROCESO

Este capítulo consta de una descripción de algunas técnicas generales en la producción de un personaje para videojuego y una exposición más detallada de las que he utilizado en mi proceso de producción, para obtener los resultados deseados

TÉCNICAS

De entre las técnicas que se usan en la realización de un personaje 3d para videojuego destacaré tres aspectos que considero fundamentales: modelado 3d para construir su forma, creación de una topología para la correcta deformación de la malla y render para conseguir una visualización final del personaje.

3.1.1. Modelado 3d.

De entre los paradigmas de modelado usuales en el modelado 3d por ordenador destacaré los siguientes:

Modelado de caja (*box modeling*): modelado a partir de primitivas sencillas como cajas, esferas, conos, entre otros, para poder formar composiciones más complejas.

¹² *First Person Shooter*

Modelado escultórico (*digital sculpting*): es necesario comenzar con una primitiva, pero el modelado es por presión en la malla, permitiendo ser estirada o aplastada, creando volúmenes y formas. Es muy utilizado en la creación de personajes con un alto nivel de naturalismo. El resultado final es poco útil para determinados fines, como la animación, teniendo que volver al modelado en caja con un proceso de retopología.

Superficies NURBS (*NURBS surfaces*)¹³: este tipo de modelado es menos usado actualmente, empleado en la creación de coches, barcos o aviones, debido a su geometría intermedia. Este tipo de modelado es más usado en software CAD¹⁴.

Otras técnicas son la de partículas y fluidos, para poder crear partículas como el agua o simular el viento, el fuego o el humo.

Si nos referimos a modelado 3d, también hablamos de la cantidad de polígonos que podemos encontrar en un objeto. Si el número de polígonos en un objeto es muy elevado, se podrá realizar unos detalles más definidos, pero la visualización de la imagen a tiempo real será más lenta, por lo que esto no convendría a un videojuego. Por esta razón, se reduce la cantidad de polígonos de un modelo considerablemente. Según este criterio, podemos encontrar tres tipos de modelado:

Low-Poly: la creación de personajes en *low-poly* es inherente a las primeras representaciones de personajes. El desarrollo de la tecnología ha posibilitado número cada vez más elevado de polígonos para describir las formas. Actualmente, este término se aplica a personajes con una cantidad menor de 4.000 polígonos para un personaje.¹⁵

¹³ Véase HUGHES, J. F. et al. *Computer Graphics. Principles and practice*. p. 604.

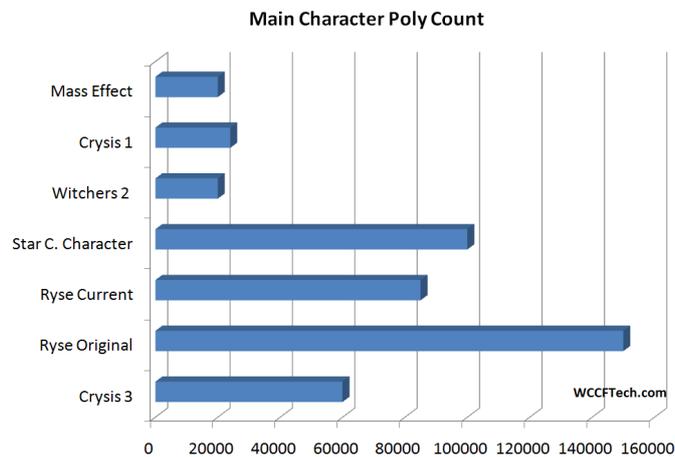
¹⁴ Computer Aided Design

¹⁵ Para saber más: IISAKKI JOLMA, V. *Animated low poly characters*.



Leon. *Resident Evil 4*. 10.000 polígonos. Desarrollado por CapCom

Medium-Poly: son modelos de calidad media. Hoy día es más usado en los videojuegos, entre 30 mil y 70 mil polígonos para un personaje principal, permitiendo el desarrollo de las tarjetas gráficas el uso de una mayor cantidad de polígonos, como se puede apreciar en el siguiente gráfico.



Número de polígonos de personajes principales de videojuegos. Fuente: WCCFTech.

High-poly: alto poligonizado, utilizado para realizar superficies irregulares y detalles, que se transfieren a los modelos *medium-poly* como mapas.

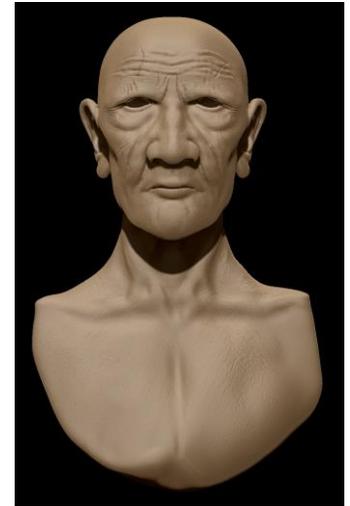
En la siguiente ilustración, pueden visualizarse en el modelo del busto de mi personaje cada uno de estos niveles de polígonos y su capacidad de representación de las formas generales y el detalle.



Low-Poly 2.245 polígonos.



Medium-Poly 32 mil polígonos.

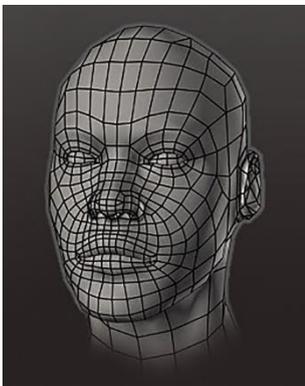


High-Poly 3 millones de polígonos.

3.1.2. Topología.

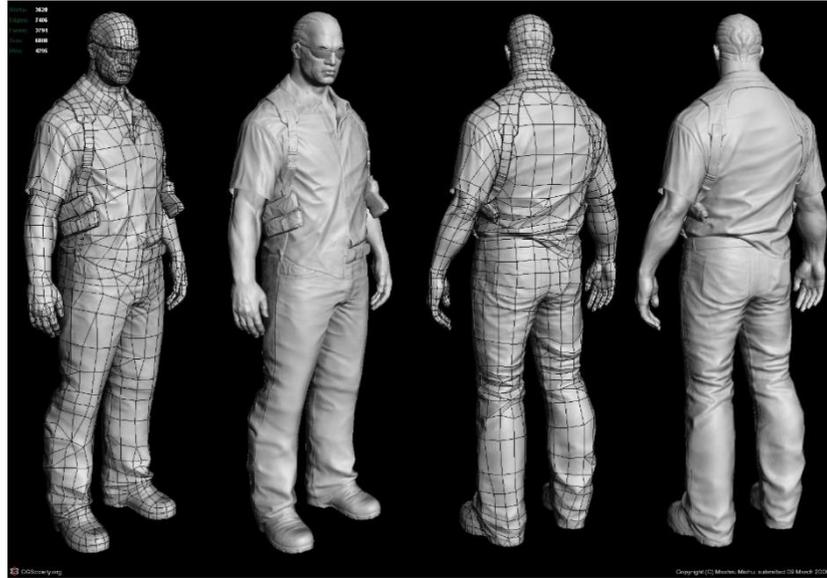
Para la realización de un modelado correcto, hay que tener en cuenta la topología, de manera que las superficies mantengan su coherencia formal al aplicar las deformaciones propias del posado y la animación.¹⁶ Un modelo con una topología correcta facilita también el despliegue de la malla según las coordenadas UV para la aplicación de los diversos mapas.

La cabeza y las manos son las partes del cuerpo más críticas, ya que deben soportar deformaciones más intensas que otras partes del modelo con una mayor densidad de polígonos.



Topología cabeza. Fuente: www.polycount.com

¹⁶ v. PAQUETTE, A. *Computer Graphics for Artists. An introduction.*



Topología completa de un personaje por Mashru Mishu

3.1.3. Render.

Es un término informático para referirse al proceso que genera una imagen a través del cálculo de iluminación que hay en la escena, teniendo en cuenta el material del objeto, mediante algoritmos matemáticos a partir de un modelo 3d. La velocidad del render dependerá de los algoritmos que utilice el software y del hardware que soporte el proceso.¹⁷

“El render es el proceso final de la creación de la imagen 2D real o animación a partir de una escena preparada. Esto puede ser comparado a tomar una foto o filmar la escena después de realizar los ajustes necesarios de composición e iluminación en la vida real.”¹⁸

Los tipos de render se diferencian por el tiempo de ejecución, pudiendo ser en tiempo real o diferido.

Real-Time rendering: “Calcula, o presta, una imagen en el tiempo exacto en el que el jugador lo manipula, medido en número de renders por segundo, que por lo general es a muy alta velocidad”¹⁹ Para poder producir un movimiento lo suficientemente rápido para que la imagen no sea ralentizada, debe de haber una cantidad de polígonos máximos en la escena con relación a la tarjeta gráfica del equipo. Nuestro proyecto está orientado a real-time render y debe de cumplir estos requisitos mínimos.

Deferred render: se utiliza en animación o videos previos para poder obtener una calidad de arte final, empleando una mayor cantidad de tiempo

¹⁷ v. PHARR & HUMPHREYS. *Physically Based Rendering, From Theory to Implementation*.

¹⁸ DOBBINS, P. *3D Rendering in Computer Graphics*.

¹⁹ PAQUETTE, A. *Computer Graphics for Artists II. Environment and Character*.

en el proceso (desde varios segundos a varios días). Además, permite una mayor cantidad de polígonos en la escena con relación a la tarjeta gráfica del equipo empleado.²⁰

3.2. PROCESO

Para poder llevar a cabo un trabajo de esta envergadura, hay que seguir un proceso de producción de forma planificada y con las técnicas adecuadas, algunas de ellas ya descritas anteriormente.

Durante el proceso se desarrollarán bocetos para pasar a un modelado digital, que con programas específicos se construirá las diferentes partes del personaje.

3.2.1. Bocetos.

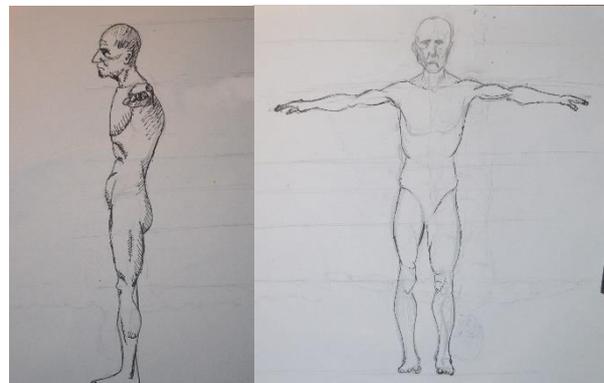
En relación a los referentes obtenidos, se ha realizado unos bocetos previos a modo de guía para desarrollarlo durante el proceso de producción. Se ha tomado una mayor importancia al retrato del personaje, con el objetivo de conseguir una personalidad que le caracterice, con rasgos bien marcados y la apariencia de una persona de edad avanzada.



Bocetos previos de la cabeza en 2d y 3d.

Se han realizado bocetos sobre papel y un modelado físico de la cabeza, para tener una visualización tridimensional de los volúmenes y las formas.

También se ha realizado bocetos de cuerpo entero para conocer las proporciones del modelo y tener una referencia para el modelado. La pose en "T", responde a la necesidad de obtener una malla poligonal adecuada para hacer el *skinning*, proceso consistente en asignar a los vértices la influencia que va a tener cada una de las partes del esqueleto utilizado para animarla.



Boceto del personaje en "T".

²⁰ Para saber más: DOBBINS, P. *3D Rendering in Computer Graphics*.



Bocetos vestuario. Photosop.

En cuanto al vestuario, se ha realizado diferentes bocetos que han ido evolucionando durante el proceso de producción. Se ha querido combinar prendas austeras, como camisa y chaleco abierto, junto a pantalón y botas militares.

Finalmente, en los accesorios militares, ha sido diseñado el fusil a partir de un arma de fuego llamada “*Steyr Ractical Elite*”, dando una apariencia metálica de color grisáceo. Este diseño será modificado en la el texturizado.

Las balas tienen un diseño metálico de color dorado y rojizo, realizado a partir de una bala del calibre 50 como referencia, que irá colocada sobre el hombro a lo largo del pecho del personaje a modo de cinturón.



Diseño francotirador y bala.

3.2.2. Programas utilizados.

De entre los diversos softwares adecuados para la producción de un personaje 3D. Los programas utilizados, que enumero a continuación, han sido elegidos por su calidad para realizar cada una de las partes del proceso.

- Autodesk 3Ds Max (versión 2014, 2015): utilizado para el modelado de malla poligonal básica, iluminación y composición de la escena.
- Pixologic Zbrush (versión 4R6, 4R7): permite un modelado de alta poligonización, creación de topología, mapeado del personaje, creación de Uv's y exportación de mapas y malla.
- Adobe Photoshop CC 2015: Software de edición de imágenes.

- Autodesk Mental Ray for 3Ds Max 2015²¹: Mental Ray es un software de Render 3d dentro de 3Ds Max, utilizado para crear la visualización final del personaje.

3.2.3. Modelado del personaje.

El personaje consta de diferentes piezas independientes en el modelado: partes orgánicas (cabeza y manos), indumentaria (botas, pantalones, camisa, chaleco y elementos más pequeños como cinturón, botones o cordones) y accesorios no deformables (prismáticos, balas, cartuchera y fusil).

Para la creación del personaje se ha empleado el programa de modelado digital 3ds Max. No es el software más intuitivo, por lo que para comenzar a modelar hay que tener una idea generalizada del programa y de la metodología que hay que llevar a cabo para evitar los máximos errores posibles durante el proceso de modelado.

Hay que tener en cuenta que el modelado poligonal para un personaje de estas características debe ser construido a partir de *edge-loops*²². Si el personaje no estuviese construido con esta técnica, sería problemático animarlo sin producir deformaciones no deseadas y solapamiento de polígonos.

La topología organizada en bucles permite que la malla poligonal se deforme como la piel movida por los músculos. Esto implica un conocimiento mínimo de anatomía, y en el caso de la cara, de las líneas de expresión faciales. Si se tratase de un animal no humano o una criatura fantástica, habría que estudiar o diseñar la anatomía de dicho personaje. Si bien es fundamental organizar la topología de la piel (o de una indumentaria ajustada) en bucles, es preferible modelar los objetos que no vayan a deformarse en la animación atendiendo exclusivamente al menor número de polígonos adecuado para representar su forma.

3.2.3.1. Cabeza.

Para comenzar a construir el personaje, hay que utilizar las técnicas mencionadas en el apartado anterior, comenzando con el modelado 3D.

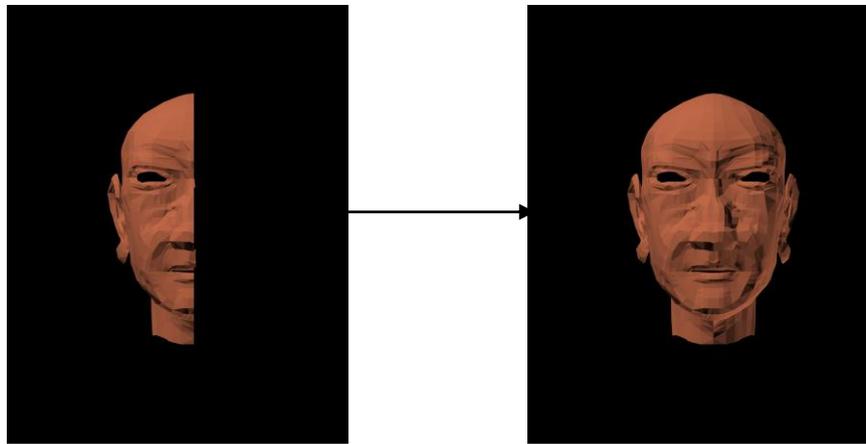
²¹ M. Harper, J. *Mastering Autodesk 3ds Max 2013*. Capítulo 14.

²² Literalmente, bucles de aristas. "Es una técnica, cuya máxima premisa es que las aristas de un modelo deben seguir en forma cíclica (*Loops*), como las fibras de los músculos." TABAJARA, R. *Edge-Loop. Concepto y práctica*. <http://www.foro3d.com/f112/edge-loop-concepto-y-practica-33375.html>

En primer lugar, se han colocado dos fotos de un boceto previo a modo de referencia (vista frontal y lateral). La técnica de construcción ha consistido en la extrusión sucesiva de las aristas de un plano, apropiada para construir los bucles de aristas mencionados arriba.

En esta fase, sólo es necesaria la construcción de media cabeza del personaje, para posteriormente reflejarla y unificar los vértices de la costura.

Una vez que la cabeza ha sido modelada en 3ds Max a partir de una primitiva, se exporta a Zbrush para continuar con el proceso de producción.



Antes y después del proceso, con ayuda de las herramientas *mirror* y *weld* en 3d Max

En Zbrush se ha creado dos esferas a partir de una primitiva para crear los ojos. También se ha importado un modelo de uso libre ya creado por *Wasd School* de una dentadura²³, del que se ha creado una retopología.

Dentro de Zbrush se ha transformado la malla poligonal del personaje con diferentes pinceles (*3d sculpting brushes*), siendo los más usados: *Clay Buildup*, *Move* (muy útil para estirar la malla y realizar una proporción más correcta del modelo), *Standard*, *Smooth* (*suaviza la malla poligonal*) e *Inflat*.

Tras importar el modelo a Zbrush, se ha convertido la malla poligonal en una malla poligonal dinámica (*Dynamesh*), cuya topología organizada en cuadriláteros regulares se reconstruye al deformarla, manteniendo nivel de detalle. Ha sido posible la aplicación del estudio de la anatomía facial, así como el conocimiento del modelado tradicional conseguido a lo largo de los cuatro

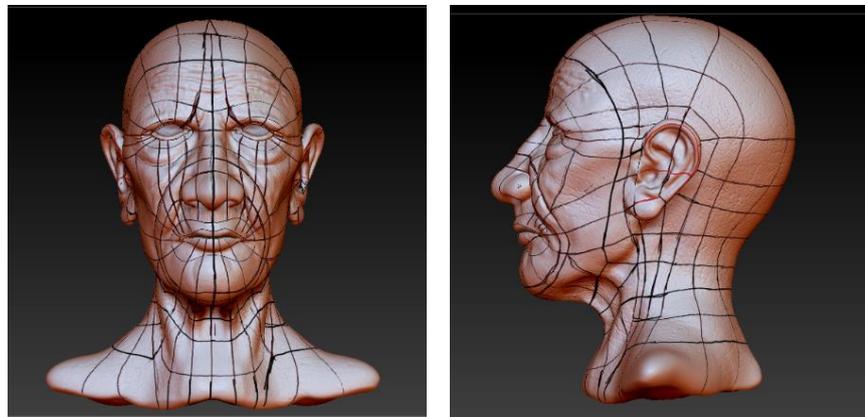
²³ <http://wasdschool.deviantart.com/art/Dientes-407299409>

años de grado.²⁴ Esta técnica provoca una modificación en la topología del modelo, por lo que habría que realizar una retopología.

Al ser una malla poligonal capaz de representar detalles como finas líneas que simulan cicatrices o signos de vejez e incluso poros de la piel, se ha optado por pinceles más precisos para la aplicación de detalles. Son los llamados *stroke*, ajustando la forma en la que el trazo sigue al cursor cuando es arrastrado. La utilización de imágenes *alpha*, que afectan a la intensidad de cada pixel de las herramientas de modelado, ha permitido describir formas complejas. Gracias a diferentes *alpha brushes* predeterminadas de Zbrush²⁵ y unos ajustes de *stroke*, se ha conseguido construir líneas de rugosidad y poros en la piel, dando un mayor naturalismo.

Una vez que tenemos la cabeza modelada, se procede a realizar una retopología manual, en este caso, mediante Zspheres.

En primer lugar, se ha duplicado la cabeza, dibujando unas guías sobre una de las dos *subtools*²⁶, para tener una indicación precisa de la topología de la nueva malla poligonal.

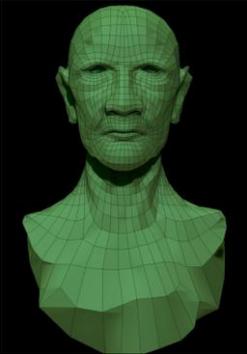


Guías de topología pintadas con *polypaint* en la cabeza del personaje. Zbrush.

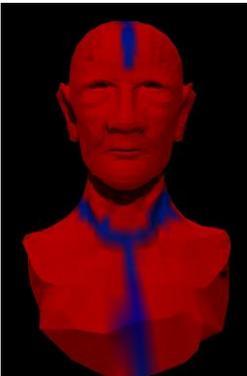
²⁴ Solo es necesario la construcción de uno de los lados del modelo, aplicando la misma ejecución del trazo en el lado opuesto gracias a la herramienta *simmetry*.

²⁵ Para saber más: <http://docs.pixologic.com/reference-guide/alpha/>

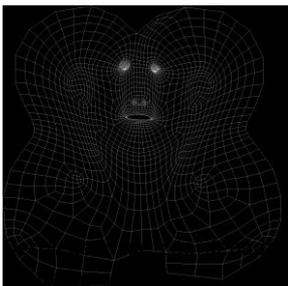
²⁶ “SubTools son objetos poligonales separados. Cada Subtool puede ser igual al número máximo de polígonos que sistema pueda manejar. Si el sistema se encarga de 8 millones de polígonos y tiene 4 Subtools, entonces su modelo puede estar compuesto por 32 millones de polígonos.” Referencia: Zbrush 4R7 Documentation.



Cabeza con topología realizada en zbrush.



Proceso clon con *Enable Control Painting* en *UV Master*. Zbrush.



Esta técnica permite dibujar, borrar y editar las líneas de topología, teniendo como resultado un nuevo modelo, con un total de 2.245 polígonos.

Una vez que el modelo está terminado, hay que crear en la subtools un despliegue de la malla poligonal en relación a las coordenadas UV, necesario para poder realizar una exportación de los mapas de color difuso y de normales.

En este proceso hay que tener en cuenta el lugar por donde se corta la malla poligonal del modelo para que al proyectar los mapas sea poco visible la unión de las costuras.

Zbrush cuenta con un plugin llamado *UV Master*²⁷ para poder realizar este proceso de forma manual. Realizando un clon de la malla, podremos decidir dónde permitiremos el corte de la malla del modelo, y de igual modo protegeremos la malla. Esto es posible gracias a las herramientas que facilita el plugin, llamada *Enable Control Painting*, protegiendo y aplicando el corte de la malla (si en vez de trabajar sobre el clon, se trabaja sobre la misma, el proceso de Unwrap cortará por donde sea posible de una forma poco técnica).

De este modo, indicaremos que realice el proceso de Unwrap, elaborando una malla poligonal en dos dimensiones, concluyendo el proceso de desplegados de coordenadas UV.

Recordamos que tenemos dos mallas poligonales: la previa a la retopología y la posterior, con bajo número de polígonos. Esta última tiene una topología totalmente definida y un desplegado de coordenadas UV, pero no los polígonos suficientes para obtener un nivel elevado de detalles.

A partir de la malla poligonal detallada y la de baja resolución, se realizó una reconstrucción de 7 niveles de subdivisión sucesivos con la nueva topología hasta alcanzar un modelo detallado y topológicamente ordenado, ajustando los polígonos en el último nivel de subdivisión para obtener una buena aproximación al modelo original.

En este momento, el modelo tiene la topología y el nivel de detalle correctos y 7 niveles de subdivisión de la malla poligonal, que nos permitirán elegir el más adecuado para el aspecto gráfico y la plataforma de destino del personaje.

Una vez que se ha realizado el modelado final de la cabeza del personaje, pasamos al resto del cuerpo, constituido por ropa excepto las manos. El

²⁷ Para saber más: <http://docs.pixologic.com/user-guide/zbrush-plugins/uv-master/>

personaje no tendrá un cuerpo modelado en su interior, ya que serían polígonos que no se llegaría a visualizar, por lo que el propio vestuario actuará como cuerpo.

3.2.3.2. Vestuario.

Para la realización del vestuario, se ha realizado en 3d Max de una forma básica, para luego pasar a Zbrush y concretar los detalles.

Con la ayuda de un cuerpo modelado en *Low-Poly* como base, se ha extraído una nueva geometría con ayuda del modificador *extract*, formando así el vestuario (chaleco, camisa y pantalón).

De este modo, se pasa a Zbrush para crear detalles con la herramienta *Dynamesh*, utilizando los mismos pinceles que los empleados en la cabeza, además de un pincel concreto para realizar las costuras, llamado *Stich*. Se han creado botones y cordones para el vestuario a partir de primitivas de Zbrush.

Una vez concluido los detalles del vestuario, el nivel de subdivisión es muy elevado, por tanto, se realizará una retopología que reducirá el número de polígonos del chaleco, camisa y pantalón, hasta los 300 polígonos aproximadamente para cada una de estas mallas.

Se ha realizado las Uv's a partir del resultado de la retopología, pasando a crear varios niveles de subdivisión a partir de la proyección de polígonos, con un proceso similar al explicado en la cabeza. Para los objetos elaborados con primitivas de Zbrush, se ha realizado una retopología automática.

3.2.3.3. Manos.

A partir de primitivas en 3d Max, se ha creado una mano del personaje para su posterior duplicación, exportando el modelo a Zbrush donde se ha adecuado la forma basándose en referencias anatómicas médicas y realizando detalles, para conseguir un aspecto huesudo y arrugado. Este proceso se ha realizado con *Dynamesh*, para crear nuevos polígonos en aquellos lugares donde han sido convenientes.

Una vez terminado el proceso con la herramienta *Dynamesh*, se ha realizado una retopología manual con *Zspheres* que ha servido para poder desplegar las coordenadas UV y crear varios niveles de subdivisión de la malla.



Proceso mano junto a polypaint.

Como se ha dicho antes, solo ha sido necesaria la creación de una mano, aplicando un plugin en Zbrush, llamado *Subtool Master*, donde encontramos una opción llamada *mirror*, que permite obtener una copia reflejada de la *subtool* original²⁸.

3.2.3.4. Botas.

Las botas han sido construidas a partir de referencias fotográficas en 3d Max, concluyendo la primera fase del modelado en Low-Poly, para pasar a Zbrush y realizar cambios con Dynamesh, creando detalles como las costuras, para conseguir un aspecto de botas militares.

Para los cordones se ha creado un gancho en forma de “U” a partir de zspheres y se ha copiado repetidas veces.

El dibujo de la suela se ha realizado enmascarando inversamente un patrón de líneas rectas y deformando el resto de la suela .

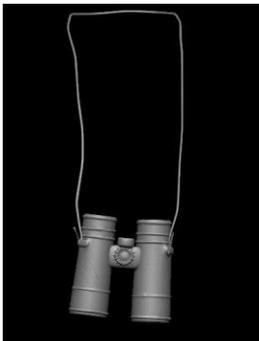
Finalmente, se han reducido los polígonos con la técnica de retopología, lo que ha permitido la creación de coordenadas UVs, y se han reconstruido los niveles de subdivisión.

Para realizar la bota opuesta, se ha duplicado, aplicando el *plugin Subtool Master* y la opción *mirror*, de igual modo que la mano.

²⁸ Para saber más: <http://docs.pixologic.com/user-guide/zbrush-plugins/subtool-master/>



Botas terminadas. 3 millones de polígonos cada una. Zbrush.



Modelado prismáticos. 3 millones de polígonos. Zbrush.

3.2.3.5. Prismáticos.

El modelado de los prismáticos ha seguido el mismo procedimiento. Modelado base en 3d Max con primitivas compuestas por cilindros, esferas y cubos, realizando una preforma que se ha exportado a Zbrush para realizar detalles con Dynamesh. Finalmente se ha realizado la retopología manual para la reducción de polígonos, la creación de UVs y la proyección, obteniendo un modelo con varios niveles de detalles.

3.2.3.6. Balas y canana.

Para las balas y los tubos de la canana se ha aplicado el procedimiento general: a partir de una malla simple en 3d Max, pasando a Zbrush para ajustar el detalle, realizar la retopología de la malla y desplegado de coordenadas UV. Ambos objetos se han clonado y se han ajustado a una correa que se ha ajustado al cuerpo del personaje.



Modelado de bala cal 50 mm. Zbrush.

3.2.3.7. Fusil.

Solamente queda por modelar el arma de fuego, realizando la malla base en 3d Max y dando el acabado en Zbrush junto a la retopología manual y desplegado de coordenadas UVs.



Modelado francotirador terminado. 5 millones de polígonos. Zbrush.

3.2.3.8. Integración.

Una vez que se ha modelado todo el cuerpo y accesorios por separado, hay que unirlos para finalizar el modelo geométrico del personaje. El personaje completo con sus accesorios (excepto el fusil) tiene 30 millones de polígonos en su mayor nivel de subdivisión y 35 mil polígonos en el menor. Del mismo modo, cuenta con un desplegado de coordenadas UV en cada una de las *subtools*.



Modelado del personaje completo. 30 millones de polígonos. Zbrush.

3.2.4. Mapas.

Cada una de las piezas o *subtools* del personaje se ha pintado individualmente en el mayor nivel de subdivisión, ya que el proceso *polypaint* de Zbrush utiliza la técnica de color por vértice, interpolándolo en la superficie de los polígonos. Esta particularidad implica que el número de vértices debe al menos corresponder aproximadamente al número de pixels necesarios para obtener la calidad adecuada en el mapa de color difuso.

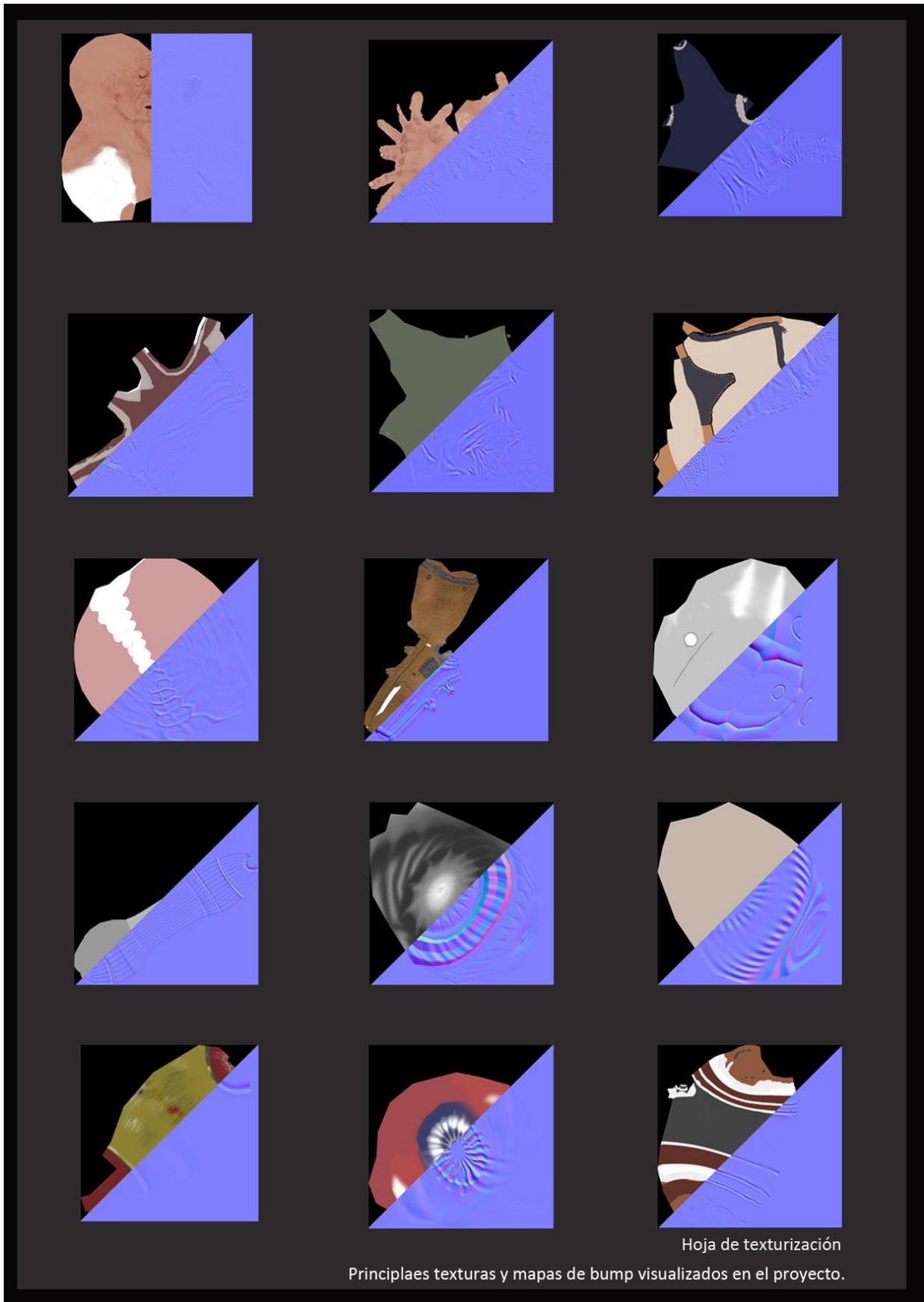
Las partes orgánicas del personaje (cabeza y manos) han sido las partes más complejas para pintar, tanto por su geometría como por las particularidades e irregularidades tonales de la piel humana.

Para el vestuario, se han elegido colores rojizos (chaleco), azulados (camisa) y verdes (pantalón).

El fusil tiene una textura similar a la madera, con algunas zonas metálicas. Los prismáticos van en conjunto con el chaleco y las botas (*beige* y rojizos). Por último, los cordones son de tonos tierra.

Para la obtención de los mapas de luz difusa y de normales se ha utilizado el *plugin Multimap Exporter*, que convierte respectivamente en mapas de bits ajustados a las coordenadas UV la información de *Polypaint* y la geometría de los niveles de subdivisión posteriores al elegido para utilizar en el juego. Hay que realizar esta operación para cada una de las piezas o *subtools*. Los mapas se han generado a 2048x2048 pixels, calidad suficiente para mi propósito. El hecho de que el número de pixels sea potencia de 2 (*POT*), permite al motor del juego sustituirla por sucesivas versiones interpoladas de la mitad de pixels en cada dimensión dependiendo del tamaño del personaje en pantalla, con el fin de liberar al hardware de imágenes pesadas cuando no se necesitan.

En la imagen siguiente se muestran los mapas de luz difusa y de normales para cada una de las piezas.



Hoja de texturización

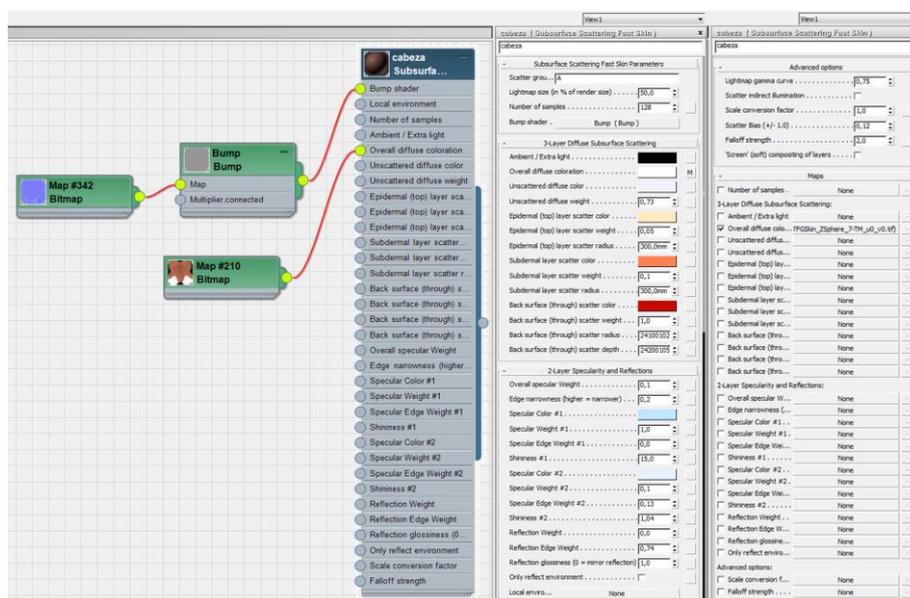
Principales texturas y mapas de bump visualizados en el proyecto.

3.2.5. Materiales, pose, iluminación y render.

3.2.5.1. Materiales.

Se ha elegido materiales orientados a un render con Mental Ray para una visualización más óptima.

Respecto la cabeza y las manos, se ha optado por un material específico, llamado *Subsurface Scattering Fast Skin*²⁹. En este material se aplicarán los mapas de color difuso y normales aplicándolos a las mallas correspondientes.



Material *Subsurface Scattering Fast Skin* de la cabeza. *Slate Material Editor*. 3d Max.

Para acentuar los detalles, se han pasado los mapas de normales a Photoshop para variar tonalidades o contrastes hasta crear el resultado deseado. De igual modo, en los mapas difusos, se ha corregido tonalidades para un resultado más naturalista.

Para las mallas restantes importadas, la aplicación de mapas funciona de igual modo a la malla de la cabeza y las manos, con la diferencia de que se ha aplicado un material llamado *Arch and Design*³⁰, que funciona como un material estándar dentro de Mental Ray al introducir un valor 0 para la

²⁹ "Es la dispersión de la luz en un subsuelo poco profundo (piel humana), que produce sombras independientemente de la orientación del espectador". Véase HUGHES, J. F. et al. *Computer Graphics. Principles and practice*.

³⁰ Para más información: <https://knowledge.autodesk.com/support/3ds-max/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/3DSMax/files/GUID-6F13FC90-80A4-4092-BB5F-662546685C2B-htm.html>

reflectividad (*reflectivity*). Solo se ha variado la reflectividad en los materiales que simulan metal, como las balas³¹ y la canana³².

3.2.5.2. Pose.

Para una visualización apropiada del personaje, se ha optado por realizar el render a partir de una pose, para lo que se ha utilizado la herramienta *biped* junto al modificador *skin*, en 3d Max.

En primer lugar, creamos un *biped*, es decir, un esqueleto que se introduce en la malla, ajustando sus huesos a la anatomía del personaje, que hasido modelado en pose de "T" para facilitar este proceso.

Una vez que el *biped* es ajustado al modelo, podremos usar el modificador *skin*, cuyo objetivo es lograr que la malla pueda seguir el movimiento que realiza el *biped*, por lo que, al moverlo, la malla también se moverá con él, pudiendo lograr una pose adecuada.

Esta técnica se ha aplicado de manera simple, teniendo en cuenta la gran complejidad que tiene realizar los huesos de un personaje para un rango de movimiento completo. El resultado no es óptimo para una animación, pero sí para una pose. Hay algunos efectos negativos de la deformación de la malla al realizar el cambio de pose del personaje, pero se puede evitar editando las zonas de la malla que queremos que se ajuste al *biped*, es decir, la influencia de los huesos sobre los vértices puede ser mayor o menor, manipulándolo hasta tener una deformación de la malla adecuada.

3.2.5.3. Iluminación.

En la composición de la escena hay un total de siete luces fotométricas de tipo foco (*spot*), con diferente posición, intensidad y orientación.

Para la cabeza, ha sido preciso un total de tres luces, una técnica habitual para la iluminación de retratos en fotografía, conocida como iluminación de tres puntos, consistente en la disposición de una luz principal, una luz de relleno y una luz trasera.³³

³¹ Reflectivity = 0,8

³² Reflectivity = 0,58

³³ Para saber más sobre iluminación: BIRN, J. *Iluminación y Render*.

La luz principal crea la iluminación principal del sujeto y define el ángulo dominante de la luz. Esta luz es la que proyecta una sombra más densa y visible.

La luz de relleno suaviza y extiende la iluminación que aporta la luz principal, por lo que hace posible una mayor visibilidad del modelo.

Por último, la luz trasera, crea un borde que define el modelo para ayudar a separar el sujeto del fondo, marcando el final del sujeto y el comienzo del fondo. Además, provoca la retroiluminación de las zonas translúcidas como las orejas, gracias al material que permite el *Subsurface Scattering*.



Diseño de una iluminación de tres puntos alrededor de un modelo. Fuente: BIRN, J., (2006). *Iluminación y Render*.

Tres de los cuatro puntos de luces restantes apuntan a la parte inferior del personaje para suavizar sombras e iluminar adecuadamente la indumentaria y accesorios.

Por último, hay un foco detrás del personaje que ilumina el escenario sin afectarle y acentúa la separación entre ambos.

3.2.5.4. Render.

Para del render, utilicé Mental Ray para 3d Max, activando el *final gather* al nivel mínimo, para simular muy sutilmente la iluminación indirecta sin activar la emisión de fotones. En la imagen se observa el resultado final.



Modelado final. 35 mil polígonos. 3d Max y Mental Ray.

4. CONCLUSIONES

La elaboración de este Trabajo de Fin de Grado me ha permitido profundizar en técnicas para mejorar la calidad de los resultados y encontrar soluciones para optimizar los tiempos de producción. Considero que dicho aprendizaje ha sido importante para perfeccionar mis capacidades y afectará positivamente a futuros proyectos y a mis expectativas de integración en un entorno profesional.

Entre las técnicas y soluciones aprendidas quiero destacar la retopología manual, la elaboración y proyección de mapas de color y mapas de normales, fundamentos de *rigging* y *skinning* suficientes para posar al personaje controlando las deformaciones y la elaboración de materiales y técnicas de visualización acordes al aspecto gráfico naturalista de mi proyecto, especialmente para la piel humana.

En lo que respecta a los objetivos planteados al comienzo del proyecto creo que se han cumplido en lo respectivo al diseño y modelado del personaje, en tanto que se ha transferido la propuesta artística a una solución digital que incluye los accesorios (previstos como objetivo secundario) y cumple los requisitos para ser implementada en un motor de juego para plataformas con prestaciones medio-altas. Más allá del planteamiento inicial, he conseguido también un posado, una iluminación y un render coherentes con la propuesta y que satisfacen las expectativas que me he ido formando a medida que aprendía las soluciones que refiero en el párrafo anterior.

Las competencias adquiridas durante el periodo de formación en el Grado de Bellas Artes han sido de utilidad, especialmente en lo referente a la documentación, autoaprendizaje y solución de problemas, así como los conocimientos conceptuales y técnicos aprendidos en las asignaturas relacionadas con el ámbito de este trabajo.

Siendo ésta la primera vez que me he enfrentado a la elaboración de un trabajo académico de cierta envergadura, creo que se ajusta a los términos que especifica la rúbrica, los cuales me han ayudado a organizar la información y a comunicar mi trabajo. Valoro positivamente esta experiencia en tanto que me permitirá abordar con mayor confianza trabajos más complejos, como una futura Tesis de Master, dado que pretendo seguir ampliando mi formación académica para adquirir un perfil profesional de artista 3D.

5. BIGLIOGRAFÍA.

THOMPSON, J., (2008). *Videojuegos: Manual para diseñadores gráficos*. Barcelona: Gustavo Gili.

WARD, A., (2008). *Game Character Development*. Boston: Course Technology.

SCOTT SPENCER, M., (2011). *Zbrush Character Creation. Advanced Digital Sculpting, 2nd Edition*. Indiana: Sibex

WADE, D., (2008). *D'artiste: Character modelling*. Ballistic.

WADE, D., (2009). *D'artiste: Character modelling II*. Ballistic.

PAQUETE, A., (2008). *Computer Graphics for Artists. An Introduction*. Londres: Springer.

PAQUETTE, A., (2009). *Computer Graphics for Artists II. Enviroments and Characters*. Londres: Springer.

BOUSQUET, M., (2009). *Trucos con 3ds Max 2010. Resultados rápidos y espectaculares*. Barcelona: Marcombo.

OSIPA, J., (2010). *Stop Staring. Facial Modeling and Animation Done Right*. Third Edition. Indiana: Sibex.

DOBBINS, P., (2012). *3D Rendering in Computer Graphics*. Delhi: White Word Publications.

PHARR, M., & HUMPHREYS, G., (2010). *Physically Based Rendering, From Theory to Implementation*. Burlington: Elsevier.

BIRN, J., (2006). *Iluminación y render*. Madrid: Anaya.

MANRUBIA PEREIRA A.M^a., (2014). *Historia y Comunicación Social. Vol 19. Nº Esp. Marzo. El proceso productivo del videojuego: fases de producción*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

HUGHES, J.F., VAN DAM, A., MCGUIRE, M., SKLAR, D., FOLEY, J., FEINER, S., AKELEY,K., (2014). *Computer Graphics. Principles and Practice*. Third Edition. Londres: Pearson.

PEREZ LATORRE, O. (2011). "Géneros de juego y videojuego. Una aproximación desde diversas perspectivas teóricas". *Comunicació: Revista de Recerca i d'Anàlisi*, Vol. 28 (1), p. 127-146.

IISAKKI JOLMA, V. (2014). *Animated low poly characters*. Tesis. Lahti: Lahti University of Applied Sciences.

M. HARPER, J., (2012). *Mastering Autodesk 3ds Max 2013*. Indiana: Sibex.

AUTODESK. *3ds Max*. <<https://knowledge.autodesk.com/>>

TONACA, C. (2010) "Las 3 Dimensiones del Diseño en 3D: Definición, Características y Aplicaciones." En Soulbattery, 13 de octubre. <<http://soulbattery.blogspot.com.es/2010/10/las-3-dimensiones-del-diseno-en-3d.html>> [Consultado: 30 de Mayo 2016]

PIXOLOGIC ZBRUSH. *Zbrush 4R7. Online documentation*. <<http://docs.pixologic.com/>> [Consulta: 10 de febrero de 2016]

CARTER, W. "Production Modeling for Games and 3D Printing in Zbrush and 3ds Max". Digital Tutor.

MORAES, F. "Game Character Creation in 3ds Max and Zbrush". Digital Tutor.

SCOTT SPENCER, M. "Introduction To Zbrush 4 With Scott Spencer" Gnomon.