

TFG

MODELADO DE UN PERSONAJE PARA UN *REMAKE* DE VIDEOJUEGO 3D ANÁLISIS Y PRODUCCIÓN

Presentado por Belén Amat Pérez
Tutor: Francisco Martí Ferrer

Facultat de Belles Arts de Sant Carles
Grado en Bellas Artes
Curso 2019-2020



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
FACULTAT DE BELLES ARTS DE SANT CARLES

RESUMEN

En esta memoria se expone la elaboración del rediseño y el modelado digital 3D de un personaje del videojuego *Final Fantasy XIV* adaptado a las posibilidades técnicas de las plataformas de juego actuales, una práctica común en la industria como manifiesta la profusión de *remakes* lanzados en los últimos años.

Para llevarlos a cabo, se ha realizado, a partir de documentación previa -teniendo en cuenta su personalidad y rol en la historia- un análisis de las características formales y técnicas de su diseño, para realizar una representación fiel del mismo. Por otra parte, con objeto de crear un personaje adecuado a los estándares actuales, se han estudiado las características de modelos 3D de títulos recientes, acotando las especificaciones técnicas sobre los que se realizará el trabajo.

El personaje se ha modelado, en primer lugar, con una alta cuenta de polígonos (*high poly*), obteniendo un modelo detallado, adecuado para derivar de él versiones tanto para fabricación como para videojuegos y animación. A partir del modelo *high poly*, se ha realizado una versión optimizada para un motor de juegos y una plataforma actual, reduciendo la cuenta de polígonos, y ordenando la distribución de ellos en el espacio UV para la correcta aplicación de mapas de texturas. En esta versión, la información de la geometría extraída del modelo *high poly* se transfiere al modelo del juego mediante mapas de normales obtenidos por proyección, práctica habitual en la industria para representar modelos detallados sin exceder las capacidades del hardware y el software.

Palabras clave: videojuego, RPG, personaje, modelado 3D

ABSTRACT

This report presents the production of the redesign and 3D digital modelling of a character from *Final Fantasy XIV*, the video game, adapted to the technical capabilities of current gaming platforms, a common practice in the industry as evidenced by the profusion of remakes released in recent years.

For its production, the formal and technical characteristics of its design have been analysed, based on a previous documentation - considering his personality and role in the story, to make a faithful representation of it. On the other hand, to create a character suitable to the current industry standards, the characteristics of some 3D models of recent titles have been analysed to limit the technical specifications for this project.

As a first step, the character has been modelled with a heavy polygon count (high poly), obtaining a model with a high level of detail, suitable for deriving from it versions for manufacturing, video games and animation. From the high poly model, an optimized version for a game engine in a current platform has been made, reducing the count of polygons, and packing them in the UV space for the correct application of texture maps. As a last step, the information of the geometry from the high poly model is extracted and transferred to the game model, using autogenerated normal maps created from this projection, an industry standard practice used to represent detailed models without exceeding the real-time rendering capabilities of the hardware and software.

Keywords: videogame, RPG, character, 3D modelling

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que siempre han apoyado mis decisiones sobre la dirección de mis estudios, y han confiado en mí durante el desarrollo de este y otros muchos proyectos.

A mis amigas y compañeras, Lledó Gaya y Nerea Rodríguez, que han estado siempre disponibles para dar su apoyo y ánimo durante la realización del trabajo.

A mi tutor, Francisco Martí, que ha estado velando por el buen desarrollo del proyecto, así como por todos sus consejos y ayuda durante la redacción de la presente memoria.

Muchas gracias.

ÍNDICE

1. Introducción	p.6
2. Objetivos y metodología.....	p.8
2.1. Objetivos	p.8
2.2. Metodología	p.9
3. Contexto y referentes	p.13
3.1. Contexto	p.13
3.1.1. Square Enix	p.13
3.1.2. <i>Final Fantasy</i>	p.14
3.1.3. <i>Final Fantasy XIV</i>	p.15
3.1.4. <i>Remaster y remake</i>	p.17
3.2. Referentes	p.19
4. Desarrollo del trabajo	p.21
4.1. Preproducción	p.22
4.1.1. Análisis del personaje	p.22
4.1.2. Análisis del modelo 3D original	p.26
4.1.3. Esquema y despiece del modelo 3D	p.27
4.2. Producción	p.28
4.2.1. Modelo <i>high poly</i>	p.28
4.2.1.1. Modelado de piezas deformable.	p.28
4.2.1.2. Modelado de las piezas rígidas	p.31
4.2.1.3. Detallado y finalización del modelo <i>high poly</i>	p.33
4.2.2. Modelo <i>low poly: retopología</i>	p.34
4.2.3. Transferencia de detalle	p. 37
4.2.3.1. Coordenadas UV	p.37
4.2.3.2. Proyección de los mapas de normales	p.40
4.2.4. Resultado final	p. 42
5. Conclusiones	p.43
6. Referencias	p.45
7. Índice de figuras	p.49
8. Anexos	p.51
Anexo I. Índice de imágenes	
Anexo II. <i>Renders</i> y resultados finales.	
Anexo III. Glosario de términos.	
Anexo IV. Programas usados.	

1. INTRODUCCIÓN

La motivación para la realización de este trabajo nace del interés por adquirir competencias en el campo del modelado 3D digital adecuadas para un perfil profesional de *Character Artist* en la industria de los videojuegos.

Elegí el personaje de Alphinaud, perteneciente a la saga *Final Fantasy*, tanto por afinidad estilística como por constituir una referencia reconocible de la que previamente no se ha publicado un modelo 3D con el nivel de detalle que se pretende obtener en este trabajo. El flujo de trabajo es el que se utilizaría para realizar un *remake*¹ -una práctica cada vez más común dentro de la industria de los videojuegos- con las características técnicas de un juego actual con un alto nivel de producción (AAA)².

En lo que se refiere a la publicación de los resultados y su incorporación al portfolio, realizar un personaje conocido con el estilo de la franquicia a la que pertenece sirve para mostrar en el entorno laboral las competencias adquiridas sobre un producto reconocible. Esta es una práctica habitual y favorece la atención por parte de compañías que desarrollan productos similares, o del propio estudio de referencia.

A lo largo del proceso, he ampliado conocimientos adquiridos durante el grado, profundizando en técnicas y flujos de trabajo utilizados en el sector para producciones AAA. El resultado obtenido satisface mis expectativas iniciales y considero que es adecuado para su incorporación en el portfolio en los términos que refiero en el párrafo anterior.

La presente memoria - tras esta introducción- se articula en 4 capítulos, correspondientes a los objetivos y la metodología utilizada, los referentes, el proceso de trabajo y los resultados obtenidos y, por último, las conclusiones acerca del trabajo realizado y los resultados obtenidos.

En el capítulo 3, *Contexto y Referentes* se tratan, en primer lugar, aspectos generales de Square Enix -la productora de la franquicia- y específicos acerca de la saga, de la producción de *Final Fantasy XIV* y del contexto de los *remakes* de videojuegos actuales. A continuación, se refieren autores y trabajos tanto en el marco de la saga como en producciones de otros estudios, atendiendo al estilo visual y a la metodología de trabajo.

El capítulo 4, el de mayor extensión, expone el desarrollo y los resultados del proyecto realizado. Se divide en dos subcapítulos correspondientes a las

¹ Para más información, ver: Anexo III. *Glosario de términos*.

² Anexo III. *Glosario de términos*.

fases de preproducción y producción. En el primer subcapítulo se analizan el personaje y el modelo 3D del juego original con objeto de determinar los parámetros en los que desarrollar el proyecto. El segundo subcapítulo está organizado en apartados relativos respectivamente a la elaboración del modelo *high poly*,³ la del modelo *low poly*,⁴ a la transferencia de detalle de uno a otro y, por último, muestra los resultados obtenidos.

En el capítulo 5, *Conclusiones*, se refieren las técnicas y conceptos aprendidos, se reflexiona acerca de los resultados en función de los objetivos planteados y se refieren otros trabajos actuales relacionados en los que se aplican los conocimientos adquiridos.

Como anexos a esta memoria, se han elaborado cuatro documentos. En el Anexo I figura el índice de imágenes que aparecen en esta memoria. En el Anexo II se encuentran las imágenes con el resultado final obtenido en este proyecto, así como un enlace a la publicación realizada de los resultados en la web ArtStation, junto con una breve explicación sobre el formato de visionado 3D usado en dicha web. El Anexo III contiene un glosario de términos específicos del ámbito del modelado 3D y de la industria de los videojuegos utilizados en esta memoria. Por último, el Anexo IV contiene información sobre el software utilizado en la producción y referencias a páginas web con una descripción más detallada y ejemplos de uso, como ampliación de la documentación.

³ Anexo III. *Glosario de términos*.

⁴ Anexo III. *Glosario de términos*.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es el modelado digital y la versión para videojuego 3D -en el contexto actual de los *remakes* en esta industria- de un personaje de la franquicia *Final Fantasy*, concretamente Alphinaud (*FF XIV*⁵). Este personaje se realizará asumiendo las funciones del rol de *Character Artist*⁶ y deberá adecuarse a los estándares de estilo de la marca y a los estándares técnicos utilizados actualmente en la industria de los videojuegos

Este objetivo principal puede desglosarse en esta serie de sub-objetivos:

- Estudiar la personalidad, la historia, así como el rol del personaje a realizar, a fin de representar fielmente todas sus características.
- Analizar el diseño y las características técnicas del personaje original, y compararlo con las producciones de videojuegos AAA más actuales para determinar el nivel de detalle representable, la cuenta de polígonos y la naturaleza y tamaño de los mapas de bits.
- Modelar el personaje con un alto número de polígonos para obtener un modelo adecuado apto para crear a partir de él versiones para fabricación, animación y videojuegos
- Crear la versión para videojuego, en función del análisis técnico realizado, incluyendo el despliegue de coordenadas UV y la transferencia de detalle mediante mapas de normales
- Aplicar conocimientos obtenidos durante el grado en modelado 3D, videojuegos, anatomía, *concept art* y diseño de personajes; así como los adquiridos en las *masterclass* y cursos externos.
- Incorporar los resultados de este trabajo a un portfolio que facilite la inserción en el entorno laboral con orientación a los perfiles de *Character Artist* o *3D Generalist*.

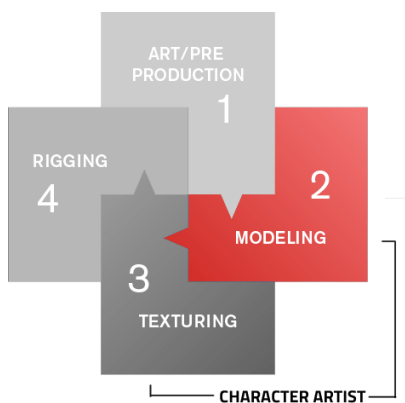


Fig. 1 Diagrama sobre el rol del *Character Artist*. CGMA, (s. f.).

⁵ Abreviación de *Final Fantasy XIV*.

⁶ Para más información sobre el rol del *Character Artist*:

<https://hub.flippednormals.com/becoming-a-character-artist-ultimate-guide/>

2.2 METODOLOGÍA

La metodología utilizada es esencialmente secuencial y está estructurada en fases, si bien en ciertos aspectos se han realizado correcciones de fases anteriores por necesidades técnicas. Previendo esta circunstancia habitual en una producción, durante todo el proceso se trabajó sobre formatos de archivo de intercambio que permitiesen su modificación en cualquier aplicación utilizada en el *pipeline* de producción. Estas fases corresponden a la preproducción, el rediseño y producción del modelo *high poly*, la adaptación y producción de modelo *low poly*, la obtención de imágenes para la publicación del proyecto y la redacción del trabajo académico.

Durante la preproducción, se estudiaron las características de *Final Fantasy XIV* en el contexto del diseño, producción y distribución de la saga por parte de Square Enix. Las fuentes utilizadas son informes, conferencias y *webinars* de la compañía, de miembros del equipo desarrollador, entrevistas y artículos de periodismo especializado.

En lo que respecta al personaje, se tuvieron en cuenta factores relativos a su apariencia y personalidad, con el objetivo de representar fielmente sus características. En consecuencia, se estudiaron las características físicas y culturales generales de su raza y la influencia de estas en su anatomía, personalidad y aspecto, profundizando en el diseño de su indumentaria. De igual manera, se analizaron las características técnicas del modelo en *Final Fantasy XIV* y se compararon con las de modelos más actuales de producciones de videojuegos AAA para una correcta adaptación técnica de éste.

Tras la fase de preproducción, se procedió a acotar la producción del personaje, determinando las tareas propias del perfil de *Character Artist* que se realizarían, el software a utilizar y el cronograma, teniendo en cuenta la calidad deseada y el tiempo disponible.

En consecuencia, se realizó en primer lugar un modelo detallado *high poly* del personaje que sirviese de base para producir adaptaciones a diferentes formatos (fabricación, animación, videojuegos, etc.). A partir de éste, se realizó el modelo *low poly*, con las características técnicas fijadas en la fase de preproducción, incluyendo el despliegue de las coordenadas UV⁷ para la correcta transferencia de detalle mediante mapas. Por último, se realizó la proyección del modelo *high poly* sobre el *low poly*, se generaron y montaron los mapas de normales y se procedió al *render* para visualizar el resultado final.

⁷ Anexo III. *Glosario de términos*.

Para llevar a cabo las diferentes tareas se han utilizado cinco programas que abarcan distintos aspectos del modelado 3D: ZBrush, Autodesk Maya, Marvelous Designer, RizomUV y Marmoset Toolbag⁸.

La base anatómica del personaje se modeló con ZBrush. Esta base se exportó a Marvelous Designer, donde se realizó la base de la ropa deformable del personaje, que más tarde se exportó de nuevo a ZBrush, donde se esculpió hasta su finalización. Los accesorios no deformables, de tipo *hard surface*⁹, se realizaron utilizando tanto ZBrush como Maya (donde se tiene un mayor control en el modelado poligonal). Una vez finalizado íntegramente el modelo *high poly*, se exportó a Maya para la elaboración del modelo *low poly*, creando sobre la malla *high poly* un modelo con una menor cantidad de polígonos y la topología adecuada para la correcta visualización y animación del personaje.

Para la proyección de detalles, se crearon las UV del modelo *low poly* mediante Maya y RizomUV, y ambos modelos -el *high poly* y el optimizado para videojuegos-, se exportaron a Marmoset Toolbag, donde se hizo el *baking*¹⁰ o proyección de detalle mediante la generación de los mapas de normales¹¹. Por último, para la presentación del modelo 3D final con sus correspondientes mapas de normales aplicados, se hizo un posado del modelo en ZBrush, para más tarde renderizarlo en Marmoset Toolbag, creando las imágenes para el portfolio, actualmente publicadas parcialmente en Artstation. En el siguiente diagrama se muestra la relación entre tareas y software.

⁸ En el Anexo IV se encuentran descripciones generales de estos programas y enlaces a las webs oficiales, en caso de que se requiriera más información.

⁹ Anexo III. *Glosario de términos*.

¹⁰ Anexo III. *Glosario de términos*.

¹¹ Anexo III. *Glosario de términos*.

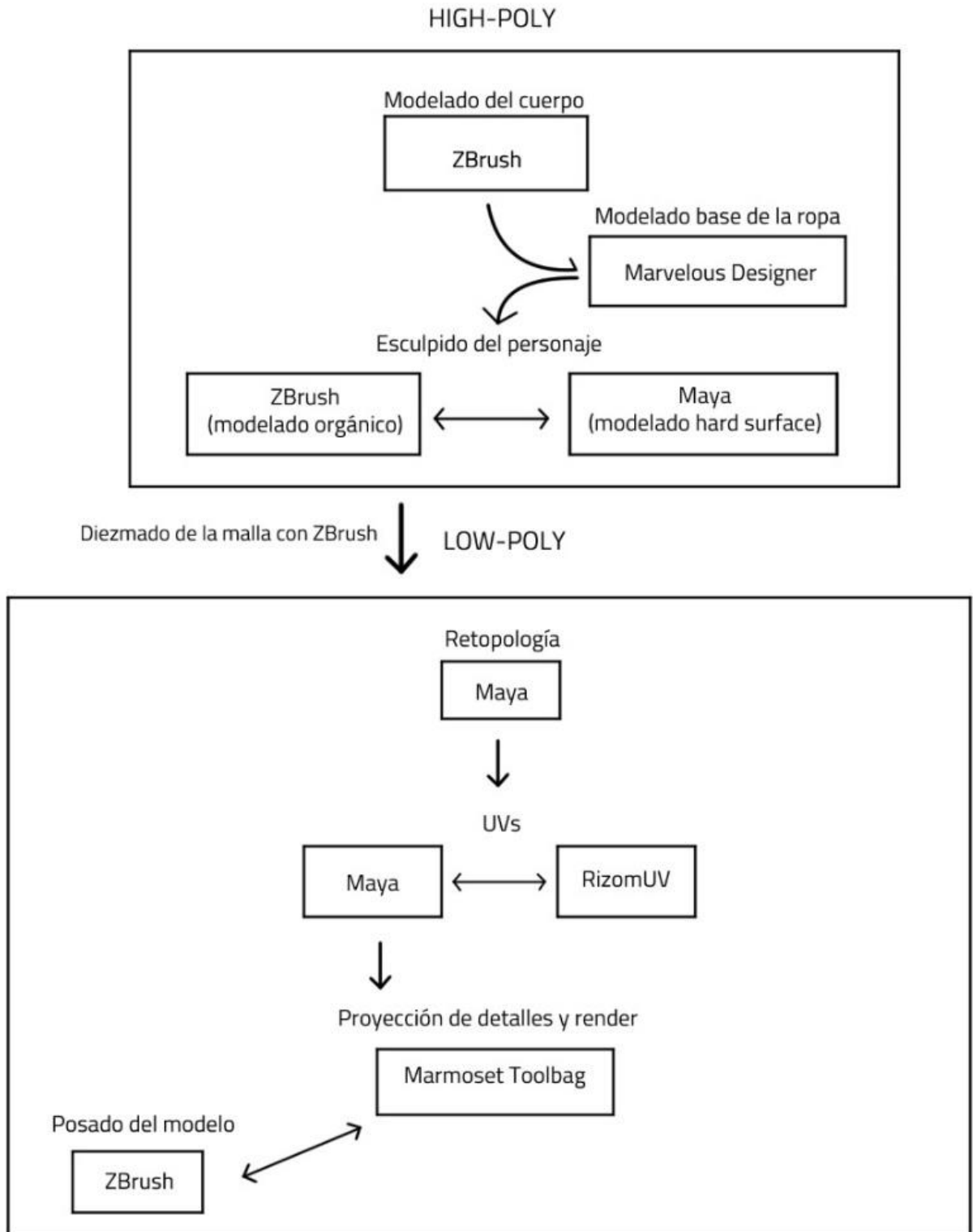


Fig. 2 *Diagrama de trabajo*. Amat, B (2020).
 Diagrama explicativo sobre la producción modelo y programas usados en cada fase.

En lo que se refiere a la organización temporal, ha sido la siguiente:

FASE 1: PREPRODUCCIÓN Y ANÁLISIS - 1 mes

Recopilación de referencias.

Análisis del personaje y de su vestimenta.

Despiece y listado del modelo en partes deformables y no deformables.

Elección de los programas a usar tras un estudio de las herramientas usadas actualmente.

FASE 2: PRODUCCIÓN DEL MODELO *HIGH POLY* - 7 meses.

Modelado del cuerpo. 2 meses. Ajustes durante toda la producción del *high poly*.

Esculpido del pelo. 1 semana.

Modelado base de la ropa. 1 mes.

Esculpido y detallado de las piezas deformables. 4 meses.

Modelado de las piezas no deformables (*hard surface*). 2 meses.

FASE 3: PRODUCCIÓN DEL MODELO *LOW POLY* - 2 meses

Retopología. 1 mes.

*Hair cards*¹². 1 semana.

UV. 1 semana y ajustes durante la proyección de detalle.

Proyección de detalle. 1 semana.

TAREAS TRANSVERSALES FASES 1-3:

Documentación de la producción con anotaciones y capturas de pantalla y recopilación de fuentes para la realización posterior de la memoria y anexos.

FASE 4: RENDERS Y ELABORACIÓN DE LA MEMORIA - 1 mes.

¹² Anexo III. *Glosario de términos*.

3. CONTEXTO Y REFERENTES

Para contextualizar este trabajo, en este capítulo se tratan aspectos fundamentales para la comprensión del proyecto, comenzando por la creación y devenir de la productora Square Enix y continuando con la saga *Final Fantasy* y la producción del videojuego *Final Fantasy XIV*. En un contexto más amplio, se aborda el ámbito de los *remakes* y *remásteres* actuales de la industria de los videojuegos.

En lo que se refiere al estilo visual, el principal referente ha sido el trabajo de Tetsuya Nomura y Akihiko Yoshida, diseñadores responsables de los últimos títulos de la saga. Por otra parte, como ejemplos de implementación artística del diseño y metodología en el flujo de trabajo, se contempla el trabajo de los *character artists* Arno Schmitz, Blair Armitage y Frank Tzeng.

3.1. CONTEXTO

Este trabajo se contextualiza en cuatro entornos principales: la compañía productora del juego original, la franquicia de medios *Final Fantasy*, la historia de producción de *FFXIV*, y la producción actual de *remakes* y *remasters*¹³ en la industria de los videojuegos.

The logo for Square Enix, featuring the words "SQUARE" and "ENIX" in a bold, sans-serif font, separated by a small square icon.

Fig. 3. Logo de Square Enix. Square Enix (s.f.).

3.1.1. Square Enix

Square Enix, o Square Enix Holdings, es una compañía japonesa desarrolladora y distribuidora de videojuegos, con sede en Shibuya, Tokio. Esta compañía nació en 2003 de la fusión de las compañías desarrolladoras SquareSoft y Enix, por tanto, su trabajo va mucho más atrás de 2003 (Square Enix, s. f.).

Enix fue una distribuidora de videojuegos para ordenador desde 1983 a 1993. Su título más conocido es el videojuego *Dragon Quest* desarrollado por Chunsoft, posteriormente una saga de videojuegos. Este videojuego fue dirigido por Koichi Nakamura (director de *Dragon Quest I* al *IV*, y de *Pokémon Mystery Dungeon*), escrito por Yuuji Horii (escritor y diseñador de escenarios de *Chrono Trigger*) y cuyo artista fue Akira Toriyama (dibujante de *Dragon Ball*).

En cuanto a SquareSoft, fue una compañía de videojuegos fundada en 1986 por Masafumi Miyamoto, que comenzó desarrollando videojuegos para la

¹³ Anexo III. Glosario de términos.

consola NES (Nintendo Entertainment System), hasta 1987, sin mucho éxito. Tras el éxito que tuvo la publicación de *Dragon Quest* en mayo de 1986 por parte Enix, SquareSoft dio permiso a Hironobu Sakaguchi, que ya había planteado anteriormente el desarrollo de un videojuego *RPG*, para producir lo que ahora se conoce como *Final Fantasy I*, en 1987, el cual fue un éxito rotundo para la compañía (Fuiji & Facultad de Economía, Universidad de Okayama, 2006).

Actualmente, incluyendo las franquicias de *Final Fantasy* y *Dragon Quest*, también le pertenecen a Square Enix títulos como *Kingdom Hearts* (en colaboración con Disney Interactive), *Tomb Raider*, *Hitman* y *Chrono Trigger*.

3.1.2. *Final Fantasy*

Final Fantasy es una de las sagas de videojuegos con mayor influencia en la cultura popular y en la industria. Cuenta con 15 títulos principales, un *remake* y 67 publicaciones totales de títulos secundarios y *spin-offs*¹⁴. Su jugabilidad varía entre títulos, habiendo sido publicados videojuegos de género *RPG* táctico, de acción, *MMORPG*¹⁵, *shooter*¹⁶ en tercera persona, de lucha y de ritmo, con una temática de ciencia ficción fantástica. Tras 33 años de existencia, la saga ha influenciado ampliamente las producciones posteriores de juegos *RPG*, como comentan desarrolladores de las compañías Bioware y Ubisoft (GameSpot, 2011). En tanto que franquicia de medios, se han producido también 3 películas, 3 series de animación y 3 *radiodramas*.

Entre los desarrolladores del primer *Final Fantasy* se encuentra Akitoshi Kawazu, quien fue el responsable de incluir influencias del juego de mesa *Dungeons & Dragons* por primera vez dentro de un videojuego japonés, y Hiroyuki Ito, que comenzó como *debugger* y sigue trabajando en la actualidad como productor, director y diseñador de niveles en Square Enix. Así mismo, se contrató a Yoshitaka Amano como ilustrador y diseñador de personajes, que es hasta la actualidad, el ilustrador más importante de la saga *Final Fantasy*; y al reconocido músico Nobuo Uematsu. Ambos siguen trabajando en la actualidad en esta franquicia y son figuras muy importantes y reconocidas dentro de su producción, a los cuales se ha unido Tetsuya Nomura, que desde 1997 ha tomado el relevo de Yoshitaka Amano como diseñador principal de personajes, y ha trabajado como director de algunos títulos principales.

La franquicia *Final Fantasy* comprende una serie de títulos independientes que no comparten historia, ya que cada título principal (nombrados del I al XV actualmente) está situado en un contexto distinto, con personajes principales

¹⁴ Anexo III. *Glosario de términos*.

¹⁵ Anexo III. *Glosario de términos*.

¹⁶ Anexo III. *Glosario de términos*.



Fig. 4. Concept art de la clase mago rojo. Mogi, Y. (2018).

originales. Sin embargo, un elemento clave de la saga es el uso de estos elementos temáticos, como nombres de personajes secundarios, ciudades, hechizos, criaturas fantásticas, dioses mitológicos, un sistema de clases¹⁷ similar y hasta una banda sonora recurrentes.

El conflicto principal de la saga suele centrarse en un grupo de personajes que pelean contra un mal superior, comúnmente un dios maligno. Otro antagonista común es la presencia de una nación imperialista contra la cual tendrán que rebelarse los protagonistas. A pesar de ser una historia de tono heroico, la saga suele poner énfasis en el desarrollo de los personajes a lo largo del juego, así como sus conflictos personales. Así mismo, debido a que forma parte del género de la ciencia ficción fantástica, surgen conflictos entre el uso de la magia contra el avance de la tecnología.

Otro elemento común en la franquicia es la presencia de los Cristales, los cuales son causantes de la creación del mundo y de los cuales fluye toda energía vital, muchas veces siendo un objeto que los protagonistas tienen que proteger. Estos suelen estar presente en el logo del juego y son el elemento más representativo de la franquicia.

Trece de los quince títulos principales de la saga han sido de estilo *RPG singleplayer*, mientras que *Final Fantasy XI* y su sucesor, *Final Fantasy XIV*, son los únicos dentro del género *MMORPG*. A pesar de ello, gracias a que el sistema *MMORPG* permite la inclusión de muchas horas de contenido, texto, e historia, han sido calificados como los *Final Fantasy* más representativos de la franquicia, ya no por su popularidad, sino debido a que contienen una gran cantidad de temáticas recurrentes en diferentes títulos.

3.1.3. *Final Fantasy XIV*

Final Fantasy XIV, el juego del cual proviene el personaje que se va a desarrollar posteriormente en este proyecto, es el segundo *MMORPG* de la franquicia, originalmente publicado en 2010. Mantiene muchos elementos estéticos y temáticas presentes del primer *MMORPG* de la saga, *Final Fantasy XI*.

Este videojuego recibió una gran cantidad de críticas negativas en su primera publicación, lo cual produjo una disculpa oficial por parte de la compañía y la sustitución de la mayor parte del equipo de desarrollo, incluyendo su director, Nobuaki Komoto (Richards, 2010). Tres años después, en 2013, se volvió a publicar, esta vez titulado *Final Fantasy XIV: A Realm*



Fig. 5 Logo del videojuego *Final Fantasy XIV*. Square Enix (2010). Con ilustración de Yoshitaka Amano.

¹⁷ Sistema de clases o trabajos se denomina a un set roles, por ejemplo, mago rojo, mago blanco, paladín, etc. definidos por unas habilidades, armas y vestimenta características. En la figura 4 se aprecia el diseño de la vestimenta característica de mago rojo.

Reborn, bajo un nuevo equipo de desarrollo y director, y consiguió críticas mucho más positivas a las del juego original. Actualmente, unos 7 años después de su salida, es uno de los *MMORPG* con más jugadores activos (Batchelor, 2017).



Fig. 6. Naoki Yoshida en la Japan Expo de París. Tennevin, Y. (2013). Director del videojuego *FFXIV*.

En una conferencia para GDC, el director y productor actual de *Final Fantasy XIV: A Realm Reborn*, Naoki Yoshida, quien anteriormente trabajó en la saga *Dragon Quest*, habla del proceso que siguió el equipo, los errores, retos y cómo tuvo que incorporarse al equipo tras la renuncia del director del juego original, sin haber trabajado previamente en un *Final Fantasy*.

Yoshida comenta que, a pesar de que el equipo pensó en abandonar por completo la producción del fallido título por miedo a pérdidas económicas, tras considerar el impacto que pudiera tener, la compañía decidió “volver a producir” el juego. Esto en parte fue debido a que, si renunciaban al título de *Final Fantasy XIV*, los fans de la saga “perderían interés y confianza en la compañía” (GDC, 2015, 03:15–05:21). Por ello, tras un corto tiempo de dos años y medio de desarrollo, en el cual se siguió actualizando el juego original mientras se producía a la vez el nuevo título, se cerró la primera versión, y se lanzó *Final Fantasy XIV: A Realm Reborn*, el cual cuenta una historia situada 5 años más tarde del juego original, en un mundo reconstruido tras una catástrofe.

La historia del desarrollo de *Final Fantasy XIV* y su republicación está centrada en varios aspectos del género *MMORPG* y sus problemáticas a la hora de su desarrollo. Naoki Yoshida habla sobre varios puntos que fueron claves para el fallido juego:

El hecho de pertenecer a una franquicia famosa hizo que los desarrolladores tuvieran una falsa sensación de seguridad.

Se centraron demasiado en el primer *MMORPG* de la compañía, *Final Fantasy XI*, ignorando sus errores y no innovando en lo necesario.

No reconocieron cambios dentro del sector de los *MMORPGs*, debido al suceso del primer título que sacaron, a pesar de ser un título con 8 años de antigüedad.

Tuvieron una fijación severa en la calidad de los gráficos por encima de su optimización, lo cual provocaba *lag*¹⁸ continuo en los servidores y ordenadores de los usuarios.

Este último punto es el más importante para el proyecto, ya que explica el cómo los gráficos pensados para *MMORPG* influyen en su optimización.

¹⁸ Anexo III. Glosario de términos.

El director comenta que, debido a la calidad gráfica de otros títulos de la compañía, el equipo de desarrollo y la productora, Square Enix, se sentían “presionados” a mostrar unos gráficos de igual “calidad visual”, y se dejó de lado el cómo ello afectaría a un *MMORPG*, dando como resultado una baja calidad de respuesta por parte del servidor y del motor del juego.



Fig. 7 Imagen comparativa entre los gráficos de la primera versión del juego FFXIV (derecha) y el juego actual (izquierda).

Es por ello, que para la publicación de *Final Fantasy XIV: A Realm Reborn*, muchos *assets*¹⁹ del juego fueron optimizados, y es la razón por la cual aún hoy mantiene un menor número de polígonos y tamaño de texturas, en comparación con otros juegos de estilo *singleplayer*²⁰. Sin embargo, esto no redujo la calidad gráfica, sino que, gracias a un gran trabajo de diseño de arte e iluminación, los gráficos actuales presentan un estilo característico de la saga *Final Fantasy*, mientras mantienen un juego funcional.

3.1.4. Remaster y remake

El *remaster* o *remasterización* está definido por la RAE como “mejorar la calidad del sonido o imagen de una grabación ya existente mediante procedimientos digitales”, mientras que el *remake* es la “adaptación o nueva versión de una obra, especialmente de una película” (Real Academia Española, 2019).

En el contexto de los videojuegos, el *remaster* o *remasterización* es, normalmente, el traslado o *port*²¹ de un videojuego a una nueva plataforma que permita una mayor calidad gráfica y de procesamiento, junto con mejoras acordes al nuevo formato, como más *frames*²² por segundo, nuevos sistemas de combate, mejor calidad de texturas y de modelos 3D, etc. Algunos ejemplos

¹⁹ Anexo III. *Glosario de términos*.

²⁰ Anexo III. *Glosario de términos*.

²¹ Anexo III. *Glosario de términos*.

²² Anexo III. *Glosario de términos*.



Fig. 8 *Xenoblade 1 -Wii vs Switch Remaster* (2019). Comparativa de la versión original y su *remaster*.

de *remaster* pueden ser *The Last Of Us Remastered*, *Xenoblade Chronicles: Definitive Edition* y *Kingdom Hearts 1.5*.

Por otro lado, el *remake* es más complejo. El *remake* está considerado como la creación desde cero de un juego nuevo que se adhiere muy de cerca al juego original en temas de narrativa y diseño. Este estará realizado para consolas u ordenadores con una calidad de procesamiento mayor al del juego original, y contendrá *assets* completamente nuevos. En definitiva, es la creación del juego con la misma historia y personajes (o con muy pocos cambios), pero para plataformas de nueva generación. Ejemplos de *remakes* son *Resident Evil 3* (*remake* del juego homónimo), *Crash Bandicoot: N. Sane Trilogy*, *Shadow of the Colossus* y *Final Fantasy VII Remake*.

El *remake* fue una práctica necesaria en la época de la aparición de las consolas domésticas, debido a la necesidad de cambiar los juegos de plataforma. Es el caso de *Pong*, que apareció como máquina *arcade* en 1972 y fue adaptado a la consola *Home Pong* en 1975. Desde entonces, ya dentro del contexto de juegos para consolas y Pcs, son habituales los *remakes*, como los de *Age of Empires* o juegos *arcade* como *1942: Joint Strike*, *Pacman* y *Tetris*. En este año, concretamente, se han publicado varios *remakes* o *remasters* de juegos AAA, entre los que se encuentran *Persona 5 Royal*, *Trials of Mana* y los ya nombrados *Final Fantasy VII Remake* y *Resident Evil 3* (Madsen, 2020).

Debe tenerse en cuenta que, debido a que ambos términos son muy actuales, no están regulados y muchas veces pueden darse confusiones entre ambos dependiendo de cómo los desarrolladores decidan nombrarlos.

En el contexto de los diseños de personajes para *remakes*, se puede hablar de un ejemplo actual y de la misma franquicia que el referente para el proyecto: *Final Fantasy VII Remake*. Cabe destacar que, a pesar de que el juego original fue publicado en 1997, el rediseño de los personajes no ha estado basado solamente en éste juego, si no que han habido adaptaciones a películas como *Final Fantasy VII: Advent Children* (2005), *spin-offs* como *Crisis Core: Final Fantasy VII* (2007) o apariciones en juegos alternativos como *Kingdom Hearts II* (2005) y una gran cantidad de juegos de móvil, en los que se han podido rediseñar y adaptar los personajes previamente a un contexto más actual.



Fig. 9 *Concept art del diseño original del protagonista de Final Fantasy VII*. Nomura, T. (1996) (derecha)



Fig. 10 *Render oficial del protagonista de Final Fantasy Remake*. Square Enix (2020) (izquierda)

El modelo 3D actual de Cloud, el protagonista, puede observarse que pretende ser lo más fiel posible al *concept art* original de Tetsuya Nomura, el diseñador de personajes de *Final Fantasy VII* original y director del *remake*. Y consigue mantener un realismo muy apropiado para el estilo que mantiene la franquicia actualmente.

Este es el objetivo del proyecto: realizar, en el contexto de un *remake* de un videojuego, el modelo 3D de un personaje, reproduciendo fielmente el original en base al modelo 3D oficial y el diseño del *concept art*, pero adaptándolo a las capacidades técnicas de las plataformas actuales. En este caso, como el modelo original está limitado por las capacidades técnicas de un *MMORPG*, el *remake* será pensado para un videojuego del estilo *singleplayer* de una producción AAA.

3.2 REFERENTES



Fig. 11 *Imagen del tráiler oficial de Final Fantasy XIV*. Square Enix (2019)

El referente más importante en cuanto a diseño ha sido el propio estilo de los últimos títulos de la saga, debido a que se ha mantenido, sobre todo, una visión fiel al estilo de los *Final Fantasy* actuales. Como referentes externos a la saga, son mencionados aquellos que han servido como ejemplos de coherencia artística y técnica en la implementación del diseño y un uso metodológico de programas de modelado 3D. Todos estos se mencionan a continuación:

En primer lugar, como ya se ha nombrado, el estilo artístico usado por la compañía productora del juego original, Square Enix, para los juegos actuales de la saga *Final Fantasy*, así como sus tráileres y cinemáticas. La visión artística de la compañía se centra en hacer elementos fotorrealistas, pero con un enfoque de “fantasía estilizada” -según Kazuyuki Ikomori, director de efectos especiales, en la conferencia: *THE CINEMATIC LEGACY OF SQUARE ENIX*- que



Fig. 12. Concept art de la clase mago blanco. Yoshida, A (s.f.)

Fig. 13 Ilustración promocional de Final Fantasy XIV. Yoshida, A (2010) (derecha)



consigue un ambiente original que trasciende la realidad cotidiana (SQEXPresents, 2015, 1:47:25–1:52:00).

Akihiko Yoshida, el ilustrador y diseñador de personajes del título *Final Fantasy XIV* y sus expansiones. Junto con Yoshitaka Amano y Tetsuya Nomura, son los tres artistas más conocidos de la saga *Final Fantasy*. Ha realizado numerosos personajes para la saga, así como diseños de vestimenta de clases, ilustraciones promocionales y *merchandising*. Su característica principal es un estilo que denota un uso magistral del color y la anatomía, creando un ambiente de fantasía heroica. Diseñó el *concept art* original del personaje Alphinaud, así como sus versiones posteriores.



Fig. 14 Artwork original de Yoshitaka Amano y diseño de Tetsuya Nomura Amano, Y., y Nomura, T. (s. f.).

Tetsuya Nomura director, ilustrador y diseñador de personajes en Square Enix. Nomura ha sido el principal diseñador de personajes de la saga *Final Fantasy* y *Kingdom Hearts*, entre otras, desde 1997, cuando tomó el relevo del aclamado Yoshitaka Amano. Su estilo se podría definir como un intermedio entre el manga y el realismo, aunque fluctúa dependiendo de las necesidades de la producción, donde los diseños de *Kingdom Hearts* son más estilizados, y en *Final Fantasy* tienden a ser más realistas.



Fig. 15 *Horizon: Zero Dawn* - Aloy Schmitz, A., & Guerrilla Games. (s. f.).

Arno Schmitz, *Principal Character Artist* en Guerilla Games, productora del videojuego *Horizon: Zero Dawn*, publicado en 2017. Schmitz ha realizado el modelado *high poly* de una variedad de personajes, entre los cuales se encuentran ciertos trajes que viste la protagonista, Aloy, así como sus accesorios. Así mismo, ha texturizado parte de ellos, y ha trabajado las pieles de la vestimenta. Su método de trabajo consiste en una creación de la ropa en *Marvelous Designer*, la cual luego trabaja en *ZBrush* hasta su finalización.



Fig. 16 *Render de Aigis*. Armitage, B. (2016).



Fig. 17 *Captura de pantalla del tráiler de TLOU2*. Naughty Dog (2017)

Blair Armitage, *Senior Character Artist* en Riot Games. En su trabajo personal ha realizado *fanarts*²³ y adaptaciones de personajes de videojuegos. En este caso, mi mayor referente ha sido el *fanart* realizado de Aigis, un personaje originalmente de *Persona 3*, publicado en 2006 para la plataforma PSP, que ha producido imitando el estilo del *Final Fantasy XV*.

Frank Tzeng, *Lead Character Artist* en Naughty Dog, productora de videojuegos como *The Last Of Us* y *Uncharted*. Ha participado en el modelado de multitud de personajes, en concreto de los protagonistas, Ellie y Joel. Para el tráiler promocional del juego realizó el modelado, texturizado y detallado de las manos y brazos de Ellie, elemento central del tráiler. Para otros personajes, ha trabajado además en el pelo, los *blendshapes*²⁴ y como director artístico, no solo cumpliendo el rol clásico de *Character Artist*, si no también ciertos aspectos técnicos relacionados con el *rigging*.

4. DESARROLLO DEL TRABAJO

En este capítulo se describe el proceso de trabajo, que se organiza en dos epígrafes correspondientes a las fases de producción y preproducción.

Acerca de la preproducción, en primer lugar, se expone la información necesaria relacionada con el personaje original, incluyendo aspectos de diseño, personalidad e historia; a continuación, se comentan observaciones técnicas sobre el modelo 3D original y comparaciones realizadas con modelos pertenecientes a títulos más actuales, los cuales servirán como referencia técnica para la producción de este trabajo.

En lo que respecta a la producción, se detallan sus distintas fases, que comprenden el modelado 3D del personaje *high poly*, su *retopología*, y la transferencia de detalle mediante el despliegue de coordenadas UV y la proyección de los mapas de normales. Por último, se muestran los resultados en forma de *renders*.

²³ Anexo III. *Glosario de términos*.

²⁴ Anexo III. *Glosario de términos*.

4.1. PREPRODUCCIÓN

4.1.1. Análisis del personaje



Fig. 18 Render oficial de Alphinaud (izquierda) y Alisaie (derecha). Square Enix. (2010).

El personaje que se va a realizar es un NPC²⁵ con gran importancia en la historia de *Final Fantasy XIV*, Alphinaud Levellieur. Previamente a su producción, se ha de realizar un análisis sobre su físico, personalidad e historia, con datos que puedan haber influenciado en su diseño, para una reproducción más fiel. Los datos de los que se habla en esta sección son sacados de *Encyclopaedia Eorzea - The World of Final Fantasy XIV*, la guía oficial supervisada por el director, que contiene datos sobre la historia, geografía, continentes y países del videojuego.

Alphinaud Levellieur es un chico Elezen²⁶ de 16 años. Tiene una hermana gemela con la que comparte rasgos físicos y estatura, cuyas únicas características distintivas entre ambos son que su hermana exhibe rasgos ligeramente más femeninos, teniendo las mejillas más redondas, algo de pecho y con un maquillaje algo más marcado que el del su hermano. Debido a esto, ambos son muy andróginos y son confundidos por el otro varias veces durante la historia.

En cuanto a su historia y personalidad, Alphinaud y Alisaie, su hermana, fueron admitidos en el Studium de Sharlayan (una academia muy prestigiosa del país del que provienen) a los once años. En esta época, Alphinaud desarrolló una personalidad orgullosa y carismática, con una gran tendencia a la diplomacia y al debate, así como una visión idealista, lo cual le hacía chocar con los miembros de la academia más conservadores.

Los miembros del Studium se enorgullecen de registrar la historia, y salvaguardar y enseñar el conocimiento de otras eras, manteniéndose políticamente apartados del resto de naciones. Debido a que Alphinaud y su hermana no compartían esa visión conservadora, y pensando que podían ayudar al resto de continentes con su conocimiento sobre historia, magia y estrategia, al graduarse a los dieciséis años viajaron a Eorzea y, desde entonces, prestan su ayuda a los diferentes reinos que la requieran.

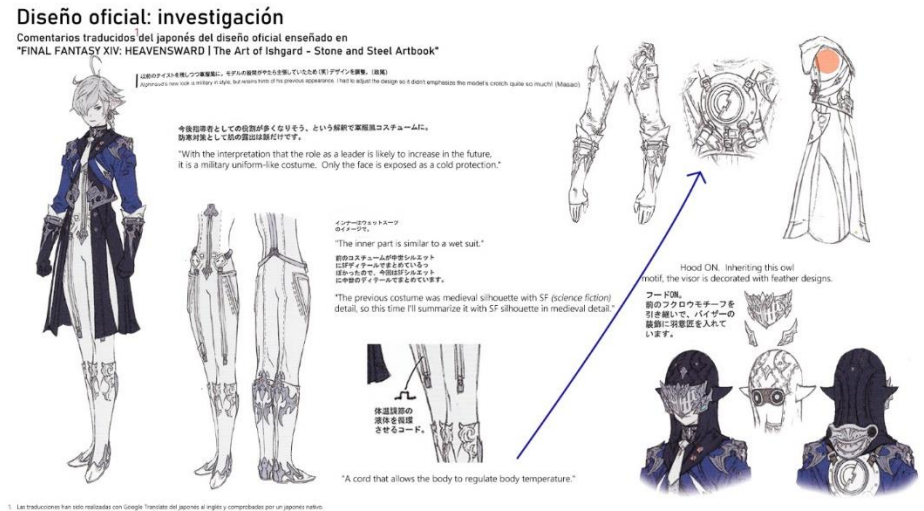
Esta personalidad orgullosa y diplomática se refleja en su vestimenta: a pesar de tener detalles militares, es, en su gran mayoría, una vestimenta pensada para la diplomacia. Esto podemos verlo anotado en el libro de arte *FINAL FANTASY XIV: HEAVENSWARD | The Art of Ishgard – The Scars of War*, (Square Enix, 2016) en el que podemos encontrar comentarios del director de

²⁵ *Non-playable character*. Todos los personajes que componen el juego que no son jugadores son considerados NPC.

²⁶ Raza ficticia del videojuego *Final Fantasy XIV*.

arte sobre el diseño del traje. Estos comentarios están en japonés, pero han sido traducidos para el análisis de su diseño.

Fig. 19 *Imagen editada y traducida sobre comentarios del diseño del personaje.* Amat, B. (2020).
Original: *Concept Artwork de Alphinaud Levellieur* Yoshida, A. (2017).



Para analizarlo físicamente, se comenzará con los rasgos más generales: su raza.

Los Elezen son la raza más antigua de Eorzea²⁷, y por ello suelen tener un gran sentido del orgullo. Físicamente son esbeltos y tienen extremidades más largas de lo normal, lo cual les hace tener un aspecto elegante. La ropa que visten es influenciada por el sitio del que proceden, pero suelen preferir ropa pegada que haga destacar su delgadez y altura, con adornos de plata enrevesados y puntiagudos.



Fig. 20 . *Concept art de los Elezen.* Square Enix, Ishikawa, N., Koji Fox, M., Oda, B., & Yoshida, N. (Eds.). (2016).

Los Elezen tienden a preferir la vestimenta ajustada que acentúa su físico esbelto. Incluso el atuendo funcional de los aventureros está confeccionado con un ojo para la moda, hasta los exquisitos accesorios de plata que lo adornan. La sensibilidad estética de Elezen no se limita a la ropa, ya que también puede observarse en sus numerosas contribuciones a innumerables géneros de las Bellas Artes. (Square Enix et al., 2016, pp. 84) Traducción propia.

De estas características nombradas, Alphinaud presenta varias. A pesar de tener una altura bastante reducida, ya que mide un metro cuarenta y cuatro, sigue teniendo un cuerpo esbelto con extremidades alargadas. La elegancia también está presente en su vestimenta, aunque gran parte de la influencia proviene del lugar dónde consigue el traje en el juego: Ishgard.

Ishgard es una ciudad situada al norte, en el continente de Coerthas, que yace sobre una gran colina, aislada física y políticamente del resto de reinos

²⁷ Continente ficticio del videojuego *Final Fantasy XIV*.



Fig. 21. Render oficial de Alphinaud en su traje de la primera expansión. Square Enix. (2014).

por un inmenso puente. La razón de este aislamiento es debido a que desde hace mil años están en una continua guerra contra los dragones de la zona y no tienen suficientes recursos para ayudar a otros continentes. Es una ciudad cuya estructura social está basada en la fe, en este caso a la diosa del hielo -la Furia-, y la Iglesia Ortodoxa Ishgardiana²⁸ mantiene el poder desde su fundación. Esos son los dos pilares de la sociedad de Ishgard: la religión y la guerra contra los dragones.

Curiosamente, en muchas de las vestimentas de la zona, podemos encontrar alegorías a los dragones, ya sea con decoraciones de plata puntiagudas (que simbolizan las lanzas, las armas que usan para luchar contra ellos) o patrones que recuerdan a alas de dragón. El traje de Alphinaud está decorado en este estilo: en los hombros, piernas y torso, porta armadura decorativa de plata que recuerdan a alas de dragón, así mismo, es un traje que protege del frío característico de la zona.

Sabiendo más sobre el personaje y los datos importantes que se reflejan en su traje y que debemos mantener y destacar, se puede pasar a analizar su traje en profundidad, algo necesario, ya que a primera vista es un traje complejo con varias capas, y para su recreación es vital tener una visión completa y estructurada.

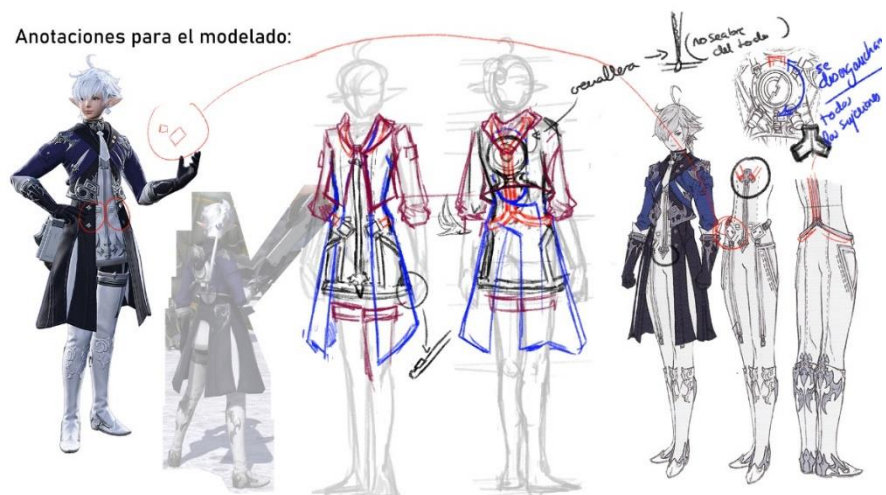


Fig. 22. Esquema y anotaciones de la vestimenta. Amat, B. (2020).

En la primera capa, se encuentra una camiseta gruesa blanca y larga, que le llega hasta los muslos. Esta capa, en el primer diseño era un mono blanco que le cubría todo el cuerpo, pero fue cambiado en el diseño final. En esta camiseta se encuentran varios tubos externos enganchados a canales situados dentro de las capas de la vestimenta, que conectan con la maquinaria que lleva en la espalda. Estos tubos tienen la función de distribuir líquido caliente, el cual le

²⁸ Institución religiosa ficticia del videojuego.

protege del frío eterno de Ishgard, que funciona gracias a la máquina en la espalda.

Gracias a un esquema realizado (figura 22) puede entenderse como se distribuyen y conectan todos los elementos. De la máquina salen dos tubos que le recorren la espalda, la parte de arriba le abraza los hombros y se conecta con la cremallera superior, y la parte inferior le abraza los costados y se conecta con una bolsa, que lleva el líquido a unos canales internos de la camisola (puede verse este relieve en el diseño) y lo distribuyen. Todo este sistema no se puede ver en el modelo 3D del juego ya que, seguramente por restricciones de gráficos, simplificaron gran parte de estos detalles con respecto al diseño original visto en el *concept art*.



Fig. 23. Captura de pantalla del videojuego *Final Fantasy XIV*. Amat, B. (2019).

Vista posterior del personaje, se puede apreciar con claridad la máquina y los tubos aplanados sobre la camisola.

En la siguiente capa, viste una levita oscura desabrochada con una apertura asimétrica en la espalda, a través de la cual pueden distinguirse los tubos de la capa inferior, y un enganche decorativo de metal -que recuerda a unas alas de dragón- en ella. Tiene botones con forma de rombo en la parte frontal (los cuales se repiten en varias partes del traje). Los faldones de la levita son puntiagudos y amplios, dando una forma elegante al diseño.

Ya en la capa superior, porta una chaqueta corta, de color azul eléctrico y secciones oscuras, decorada con accesorios extravagantes de plata o metal en la zona frontal y posterior, unidas por una barra. Así mismo, tiene unas hombreras decorativas que recuerdan a alas de dragón.

Una parte destacable del diseño es la máquina de la parte posterior, con sus enganches y válvulas, que controla todo el mecanismo de calefacción del traje y que, como vemos en el *concept art*, se engancha a la chaqueta con unas correas marrones escondidas bajo la capucha.

En cuanto a la capucha, lleva anclada un visor – que le permite ver las corrientes de energía mágica del planeta - escondido bajo una rejilla de aspecto medieval y unas decoraciones que recuerdan a un búho, como comentan en el arte conceptual, fundiéndose con el resto de las decoraciones del traje. Por último, la chaqueta y la capucha tienen patrones decorativos cosidos por toda su extensión.

Sobre las botas -añadidas en el diseño final junto con la camisola- y los guantes, ambos tienen aros metálicos decorados con rombos. En los gemelos y en los pies tiene protecciones metálicas decorativas. En el caso de los guantes, de los aros salen formas puntiagudas que recorren el antebrazo, y paran al llegar a la muñeca, dejando espacio para el correcto movimiento de esta. Tras inspeccionarlos, vemos como los guantes tienen dos capas: un guante más fino que cubre todo el antebrazo, y unos mitones exteriores, de una tela más

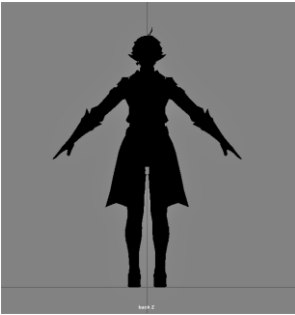


Fig. 24. Vista de la silueta del modelo original. Amat, B. (2019).

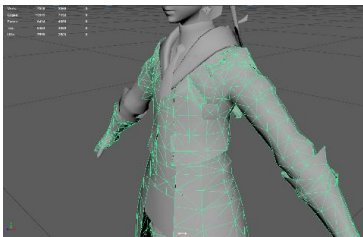


Fig. 25. Vista del modelo dentro del programa Maya. Amat, B. (2019).

Se puede observar la baja densidad de polígonos, y el número de polígonos total en la esquina superior izquierda.



Fig. 26. Captura de pantalla del videojuego *Final Fantasy XV*. Square Enix (2017)

gruesa. Finalmente, viste un pendiente, un peinado y un enganche de pelo igual a los de su hermana, colocados en su lado izquierdo, el opuesto al de ella.

Como conclusión al análisis del diseño, es útil observar la silueta, algo muy importante en el diseño de personajes, lo cual hace que un personaje sea reconocible al instante. En este caso, su forma, gracias a la levita, hace un triángulo que destaca la elegancia y equilibrio del personaje.

4.1.2. Análisis del modelo 3D original

Para observar cómo está realizado el modelo original, gracias a dos herramientas (CM Tools y TextTools) creadas para hacer *mods*²⁹, es decir, modificaciones del juego, se pudieron buscar y extraer los archivos correspondientes con el modelo del personaje.

El modelo del videojuego está realizado con ocho mil polígonos y tres mapas de UV. Esta es una cifra muy baja si tenemos en cuenta que el diseño contiene muchísimos detalles. Observando el modelo, se ve como una gran cantidad de los detalles, como las hombreras, costuras, botones, tubos, etc. están pintados sobre planos y, gracias a la optimización y a los mapas de normales, consiguen que en el juego se simule un relieve que en realidad no existe.

Las restricciones de gráficos no son solo por el año en el que salieron, ya que en 2014 salieron juegos como *Dragon Age: Inquisition* y *Far Cry 4*, los cuales lidian con modelos de personajes mucho más detallados, sino que, además, en este caso es un personaje para un juego *MMORPG*, cuyo género restringe la respuesta del servidor y el procesamiento de datos y, por lo tanto, la optimización debe ser aún mayor.

Para ver como el tipo de juego ha restringido los gráficos, podemos compararlo con *Final Fantasy XV*, que salió dos años después, en 2016, con el cual comparte el motor de videojuego creado para uso exclusivo de Square Enix, Luminous Engine³⁰. Cabe comentar cómo el mismo motor de juego fue desarrollado y mejorado en este tiempo, y la versión usada para *Final Fantasy XIV* está modificada para el desarrollo de juegos *online*, pero, aun así, las diferencias entre ambos formatos en solo dos años de desarrollo denotan como el tipo de juego puede influenciar al estilo gráfico y capacidad de procesamiento (Copeland, 2019).

Los personajes principales de *Final Fantasy XV* pueden llegar a tener 130 mil polígonos, y 8 mapas de UV (cada uno con una textura de color, de normales y

²⁹ Anexo III. *Glosario de términos*.

³⁰ Para más información: <https://www.luminous-productions.com/>



Fig. 27. *Final Fantasy 7 Remake vs PS1 original*. Square Enix & Express. (2020, 21 junio).

Comparación de los gráficos de *Final Fantasy VII* (1997) (izquierda) y *Final Fantasy VII Remake* (2020) (derecha).

de metal). Estas cifras pueden verse reflejadas en el modelo final, ya que consiguen un acabado bastante realista acorde a su año de publicación.

Otro juego de la franquicia, y el más reciente actualmente es el *Final Fantasy VII Remake* (2020), una adaptación del juego original de 1997 para consolas actuales. Este es un gran ejemplo de cómo la tecnología para videojuegos ha avanzado de manera espectacular en 23 años, ya que *Final Fantasy VII* fue el primer juego de la franquicia que contenía gráficos 3D. La carga gráfica es tan potente actualmente, que los juegos pensados para consolas, como este, empiezan a necesitar 2 discos Blu-Ray para su instalación (Tyrrel, 2019).

Para la recreación del modelo de Alphinaud, originalmente de *Final Fantasy XIV*, se adoptará el estilo gráfico de *Final Fantasy VII Remake*, ya que es el más reciente de la compañía. Las limitaciones de gráficos las situaremos en aproximadamente 190 mil triángulos y hasta 9 mapas de UV. Esto permitirá que todos los detalles que fueron optimizados o eludidos en el modelo original puedan ser realizados e implementados en un motor de juego actual y pensado para un estilo de juego *singleplayer*.

4.1.3. Esquema y despiece del modelo 3D



Fig. 28. *Despiece, esquema y lista de la vestimenta del personaje a realizar*. Amat, B. (2019).

Antes del comienzo de la producción y como último paso, se realizó una lista y esquema con las diferentes partes del modelo a realizar, así como un despiece del modelo 3D original en partes deformables y rígidas, además de anotaciones de aquellas afectadas posteriormente por físicas. Este esquema, junto al representado en la figura 22, fue esencial para una producción clara y ordenada.

4.2. PRODUCCIÓN

4.2.1. Modelo *high poly*

4.2.1.1. Modelado de piezas deformables

Con las siluetas e imágenes de referencia recopiladas, se comenzó con el modelado de la base en ZBrush. Para ello, primero se colocaron las imágenes de la silueta del personaje de frontal y perfil cargándolas en el *grid*, para así tener una referencia fija de proporciones y altura. Gracias a que ZBrush permite tener dos sets de imágenes cargadas, se colocó una general para la base anatómica y otra para la cara, donde se pudiera ver más claramente los rasgos faciales. Así, rápidamente se puede intercambiar entre los dos sets para un flujo de trabajo más rápido.



Fig. 29. Modelado del cuerpo con *ZSpheres*. Amat, B. (2019).
Se puede observar la referencia colocada en el *grid*.

Con la técnica de ZBrush basada en la primitiva *ZSphere*, se colocan esferas a lo largo de la forma que quiere crearse, y con las herramientas de mover, escalar y rotar, puede realizarse una forma bastante aproximada a la anatomía del personaje. Cuando las esferas estuvieron colocadas en su sitio, se creó una *skin*, es decir, una malla base, con la herramienta *Adaptative Skinning*. Esta crea una malla poligonal de baja densidad basada en las esferas, su tamaño, y la cantidad de esferas unidas entre sí. Esta técnica es una forma muy rápida de crear y modificar una primera malla poligonal.

Una vez satisfechos con la malla base, y manteniendo una cantidad baja de polígonos, se empezó a adaptar la malla a la forma anatómica del personaje, siempre teniendo de referencia el modelo original e imágenes de anatomía humana. Para las manos, se usó la base que Sakaki Kaoru³¹, escultor de figuras en ZBrush, distribuye en su página web y se modificaron para un estilo más realista. Una vez realizada la base, se puede subdividir la geometría para crear más detalle y afinar zonas. El objetivo de esta fase no es finalizar el cuerpo del personaje, si no dejar un acabado muy cercano al final sobre el que se podrá modelar la ropa, y más tarde retocar.

³¹ Para más información: <https://www.artstation.com/marketplace/p/dINY/sk-pack-custom-brushes-and-base-meshes-for-zbrush>



Fig. 30. Modelado del cuerpo. Amat, B. (2019). (izq)



Fig. 32. Modelado del cuerpo, antes de arreglos. Amat, B. (2020). (centro)

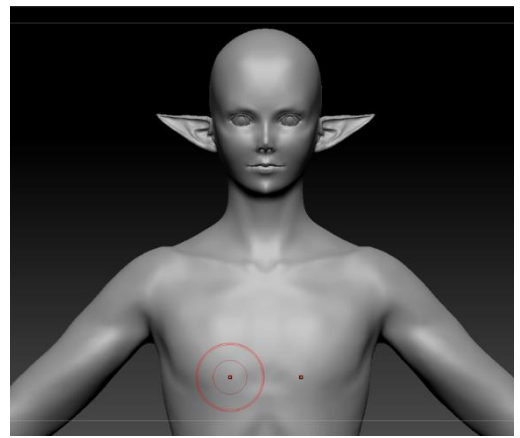


Fig. 31. Modelado del cuerpo después de arreglos. Amat, B. (2020). (derecha)

Para acabar esta primera fase de modelado, se realizó un modelo conceptual del pelo del personaje. El pelo es una parte muy importante en los personajes realizados para *Final Fantasy*, debido a que suelen ser peinados complejos. Por ello, se esquematizó el pelo en zonas, y se esculpió un peinado lo más aproximado posible, siguiendo este esquema. La forma del pelo es importante, ya que comparte peinado con su hermana gemela hacia la dirección opuesta, y esculpirlo erróneamente puede causar confusión en el jugador.



Fig. 33. Modelado de la cara y el pelo. Amat, B. (2020). (izquierda)

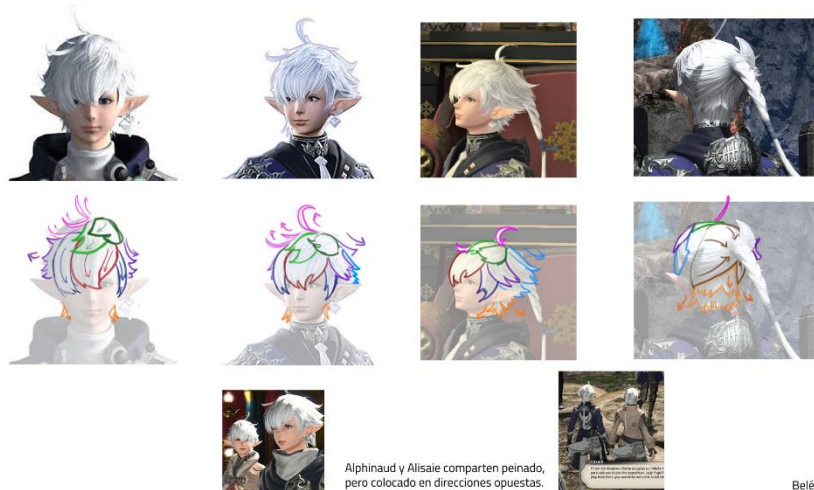


Fig. 34. Esquema del pelo. Amat, B. (2020) (derecha).

Este modelo del pelo no servirá para la versión final optimizada, ya que se recreará un peinado con *hair cards*, pero es importante para saber si los rasgos faciales son correctos y para tener una visión global de todo el personaje.

Una vez finalizado el cuerpo del personaje, se preparó para la importación en *Marvelous Designer*. Para ello, se redujo el número de polígonos, pudiendo trabajar de manera más fluida en *Marvelous Designer*. Este proceso se realiza con la herramienta de *ZBrush* llamada *Decimation Master*, que permite la reducción de polígonos sin pérdida de detalles.



Fig. 35. Patronaje de la ropa en *Marvelous*. Amat, B. (2020).



Fig. 36. Patronaje de la ropa en *Marvelous*, acabado. Amat, B. (2020).

Finalmente, se exportó el modelo en el formato .obj, y se importó en *Marvelous Designer* como un nuevo Avatar, manteniendo las medidas originales para evitar complicaciones posteriores con la simulación de ropa.

Para la creación del modelo de la ropa, se buscaron referencias de patrones de ropa reales aproximadas a las del personaje. Importándolas como imagen de referencia en el *grid*³² de la vista 2D de los patrones, se puede fácilmente recrear el patrón dibujando vectores por encima de la referencia, que más tarde pueden ser ajustados a las medidas del cuerpo. Con las herramientas más avanzadas se puede reducir o aumentar el grosor, la fricción, la elasticidad y la cantidad de polígonos que contiene la prenda. Así mismo, se pueden asignar materiales provisionales para observar el resultado.

Siguiendo este proceso de cosido y ajuste de la simulación, se crea una base para la ropa. En prendas de estilo más realista, con este programa puede realizarse modelos bastante definitivos, pero en este caso, la ropa está decorada con varios elementos y sujeta por metales que hacen que el modelado final en *Marvelous* sea muy difícil de conseguir. Por ello, para el modelado de la ropa, se exportará esta base a *ZBrush* de nuevo.

Una vez en *ZBrush*, se debe hacer una *retopología* automática de la ropa, ya que *Marvelous* exporta la vestimenta en triángulos con una densidad alta, un formato inadecuado para su correcto modelado.

Para la forma de las botas, la camisola larga y guantes, se creó la base mediante la extracción de la malla: primero, se enmascara la zona que queremos extraer y se añade un eje en el borde de la máscara, que permite que la extracción tenga un borde uniforme. Después, se extrae con el grosor adecuado a la prenda y se confirma la extracción. Si es lo adecuado, en este momento puede eliminarse la cara interior ya que la herramienta de extracción crea *poligrupos*³³ (grupos de polígonos separados por colores) en las diferentes caras de la malla, por lo que es sencillo seleccionar zonas concretas y eliminarlas. Con la ropa preparada, se comienzan los ajustes con el mismo proceso que el cuerpo: de las formas generales, con menos densidad poligonal y más control, a los detalles, siempre comprobando las referencias y manteniendo la silueta del personaje.

³² Anexo III. *Glosario de términos*.

³³ Anexo III. *Glosario de términos*.



Fig. 37. Detallado de las manos.
Amat, B. (2020) (izquierda)

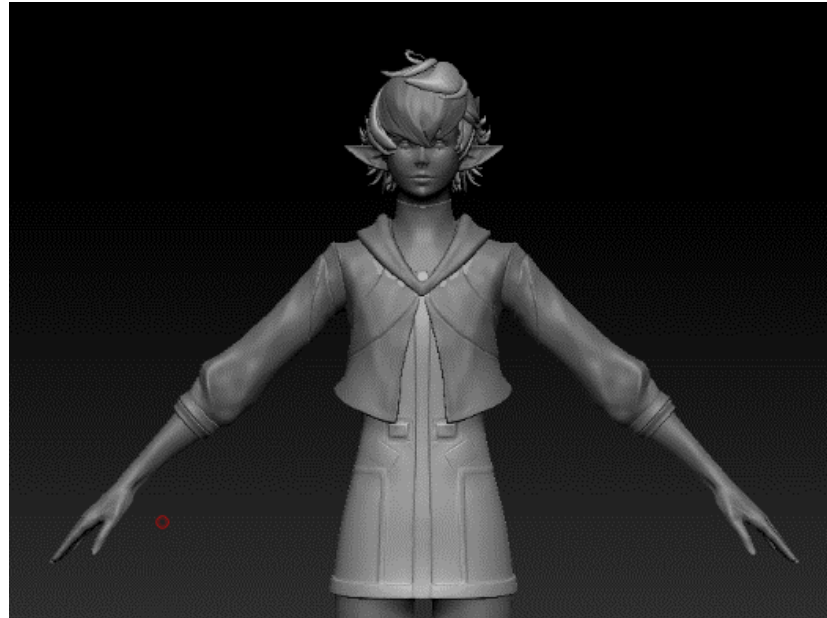


Fig. 38. Proceso de detallado de
la ropa. Amat, B. (2020)
(derecha)

Una parte importante del modelado en esta fase son las referencias. Precisamente, para el esculpido detallado de la chaqueta y guantes se usaron referencias de abrigos y guantes, esculpiendo los pliegues que harían un tipo de ropa similar, y consiguiendo un resultado más realista.

Gracias al sistema de *sub-tools*³⁴ de ZBrush, podemos crear grupos de objetos para esculpir de una manera no-destructiva, pudiendo aislar zonas para unirlos más tarde. En este caso, los guantes fueron esculpidos en dos *sub-tools*: el antebrazo completo y la zona extraída para el guante más grueso. Más tarde, las zonas ocultas serán eliminadas para evitar un exceso de polígonos innecesario. En esta fase no hace falta mantener un nivel bajo de polígonos, ya que lo primordial es conseguir un nivel de detalle alto y realista.

4.2.1.2. Modelado de las piezas rígidas

Cuando se consiguió un buen nivel de detalle de la ropa, lo siguiente fue modelar las piezas *hard surface* que contiene el traje. En este caso, las piezas *hard surface* son: la máquina sujeta a la espalda, tubos, enganches, decoraciones de metal, etc. que cubren la vestimenta. A menudo, las piezas *hard surface* suelen realizarse en programas de modelado poligonal como 3Ds Max, Maya o similares, pero cada vez con más frecuencia está siendo utilizado ZBrush, que originalmente es un programa de esculpido orgánico, para modelarlas. Esto es debido a la introducción de la herramienta ZModeler, que

³⁴ Anexo III. Glosario de términos.

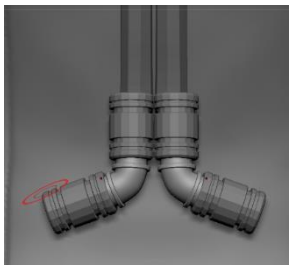


Fig. 40. Modelado de tubos. Amat, B. (2020) (superior)

Fig. 39. Modelado de racores y tubos. Amat, B. (2020) (inferior)

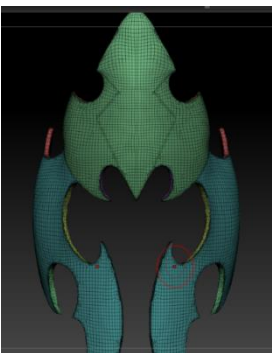


Fig. 41. Fase de modelado de decoraciones con poligrupos. Amat, B. (2020).



Fig. 42. Detallado de decoraciones metálicas. Amat, B. (2020).

permite usar acciones similares a las de un programa de modelado poligonal clásico. En este proyecto, dependiendo de las necesidades de cada pieza, se realizaron en Maya o en ZBrush.

Empezando por los tubos que recorren su traje, gracias a la herramienta *Curvas* y los pinceles *Insert Multi-Mesh* (o *IMM*, para abreviar) de ZBrush, se puede “dibujar” un camino en el modelo, sobre el cual se creará la geometría seleccionada en el pincel *IMM*. Para los tubos, se usó un pincel *IMM* básico que crea un cilindro sobre la zona marcada. Esta herramienta se usará más tarde para la creación de la trenza.

De igual manera, para los enganches situados en la espalda que conectan los tubos, se tomaron como referencia racores de tubería tradicional. Algunas de estas piezas fueron modeladas en Maya, y otras se crearon con pinceles personalizados *IMM*, que permiten insertar objetos ya modelados en la malla.

La máquina situada en la espalda fue creada en su totalidad en Maya, con las herramientas tradicionales de modelado poligonal. Se tuvo muy en cuenta la referencia del modelo original y el *concept art*, ya que están muy detallados y puede observarse con claridad. Esta pieza tiene mucha importancia en el diseño y, por tanto, es vital realizar un modelado muy fiel al original. Al finalizarlas, fueron exportadas e importadas a ZBrush.

En cuanto a las decoraciones metálicas que cubren la vestimenta, la mayor parte de ellas tuvieron que ser rediseñadas con respecto al modelo original del juego (al igual que los tubos y enganches) ya que, en este, debido a la necesidad de optimización de la que se ha hablado anteriormente, los detalles de estas piezas no son muy visibles. Para ello, se tuvo de referencia el *concept art* del personaje enseñado anteriormente, y se rediseñaron patrones que recordaran a alas de dragón.

Estas decoraciones fueron creadas con el mismo método de enmascarado y extracción que se usó para las manos y piernas. Además, haciendo *poligrupos* de distintas zonas del objeto y usando la herramienta *Polish by Groups*, se mantuvo una superficie lisa mientras se esculpían los detalles con una gran cantidad de polígonos.

Con este método de extracción, esculpido y creación de piezas *hard surface* en Maya e implementación de modelos con los pinceles *IMM*, se realizaron todos los detalles restantes del modelo, entre ellos: las suelas de los zapatos, la armadura de la chaqueta, el visor de la capucha y sus decoraciones, las hombreras, botones, correas, cremalleras, y demás accesorios que cubren su vestimenta.

4.2.1.3. Detallado y finalización del modelo *high poly*

Por último, se esculpieron las costuras y patrones que recorren la vestimenta, basadas en el *concept art* original. Para ello, se tuvo que alcanzar una alta densidad poligonal. Esta última fase de esculpido es la más larga, ya que hay que mantener un nivel de detalle proporcional entre las piezas, o si no quedará visualmente descompensado. El esculpido final del modelo *high poly* alcanzó los 50 millones de polígonos para poder contener el nivel de detalle requerido³⁵.



Fig. 44. Modelo *high poly* finalizado, vista completa. Amat, B. (2020) (izq).

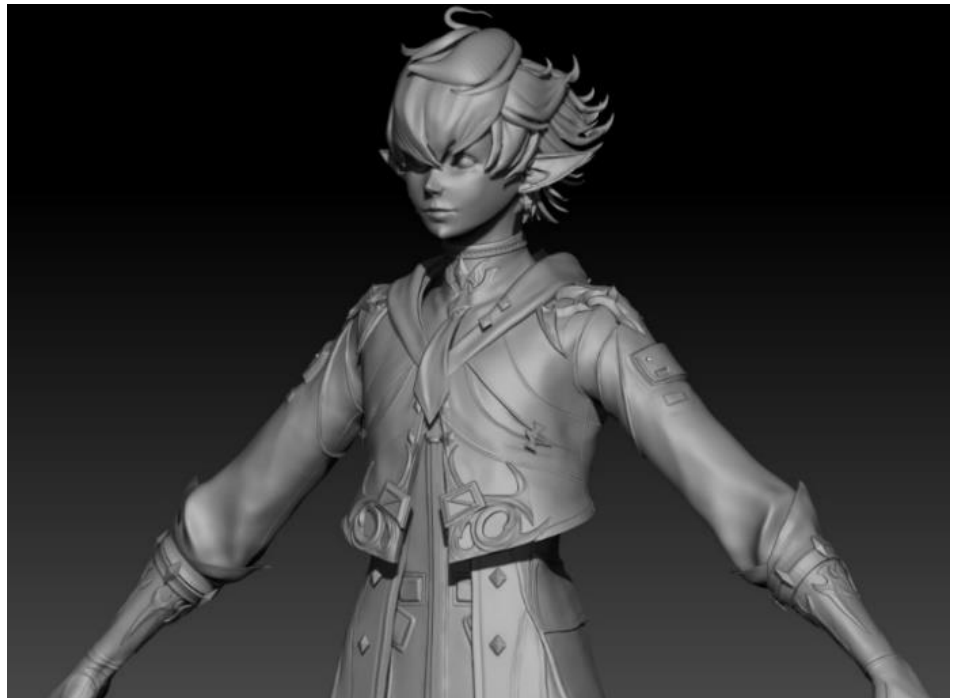


Fig. 43. Modelo *high poly* finalizado. Amat, B. (2020) (derecha).

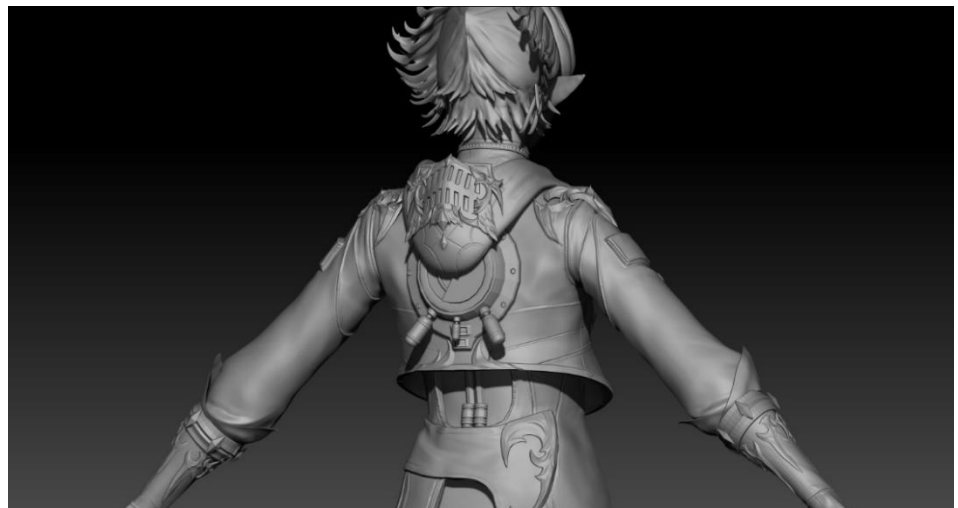


Fig. 45. Modelo *high poly* finalizado, vista trasera. Amat, B. (2020).

³⁵ Anexo III. *Glosario de términos*.

4.2.2. Modelo *low poly*: retopología

Con el modelo *high poly* acabado, se pasó a la primera fase para la optimización a un modelo para videojuegos: la *retopología*.

La *retopología* consiste en “crear una nueva malla desde cero, que se ajusta a una malla ya existente, a menudo creada a través del esculpido. La malla ya existente suele tener demasiados detalles o una topología no adecuada para texturizar o animar. Los detalles de dicha malla se transfieren a la nueva malla con la topología adecuada, proyectando un mapa de normales. La nueva malla puede usarse directamente en el juego, o puede usarse como base para una subdivisión posterior” (polycount, s. f.). Traducción personal.

Actualmente existen varias herramientas y programas que permiten la realización de la *retopología*, como Topogun, Blender, 3Ds Max o Meshlab, pero en este proyecto, se decidió usar Maya; en primer lugar, porque contiene una herramienta llamada Quad Draw usada extensivamente para ese propósito, y en segundo lugar porque será el programa que se usará para la siguiente fase: la creación de UV.

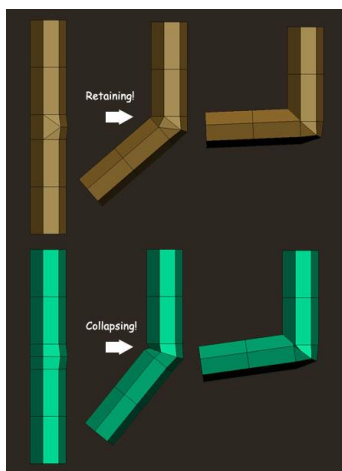


Fig. 46. Efecto de diferente topología en la deformación. polycount. (s. f.).

El proceso de *retopología* fue en un orden de lo general a los detalles, al igual que el modelado. Para usar la malla de ZBrush en Maya como base para la *retopología*, primero se debe diezmar con la herramienta Decimation Master, usada anteriormente, para conseguir una mayor fluidez de procesamiento del programa. En este caso, necesitamos mantener un nivel de detalle bastante aproximado al original, así que se usaron unos parámetros del 50% de diezmo en aquellas partes del modelo *high poly* que acabaron con una topología muy densa. Las piezas *hard surface* como tubos, enganches y aros de metal no fueron diezgadas, ya que tenían una baja densidad poligonal y podían ser exportadas para el uso en el modelo para videojuegos sin realizarles *retopología*.

Al importar el modelo *high poly* diezgado en Maya, primero se nombraron correctamente para evitar pérdidas objetos debido a una mala organización, poniendo el sufijo “_high” en aquella geometría que correspondiera con el modelo en *high poly* y “_low” en el modelo que correspondiera con la pieza final para el videojuego. Para realizar la *retopología*, primero se selecciona el modelo en *high poly* que queremos ajustar, se activa la herramienta Live Surface, la cual hace que toda geometría creada se adapte a la forma seleccionada, y finalmente activamos el modo Quad Draw. Este modo nos permite “dibujar” geometría sobre el modelo *high poly* seleccionado.

De esta manera, se crea una nueva geometría con menor densidad, pero con un posicionamiento exactamente igual al del modelo *high poly*. Una parte vital de este proceso es crear una geometría que más tarde pueda ser correctamente deformada para la animación.

Unas normas generales para hacer una *retopología* correcta para videojuegos son:

- Para los elementos deformables y para una mayor capacidad de edición posterior, los polígonos creados deben ser, en su mayoría, *quads*³⁶. Pueden hacerse *tris*³⁷ o *n-gons*³⁸ en ciertas zonas concretas, como pliegues o articulaciones.
- Los polígonos de los elementos deformables deben crear *edge loops*³⁹ siempre que sea posible, ya que estos permiten subdividir y eliminar geometría de manera más rápida, así como una creación de UV más limpias y un mayor control en la deformación al animarlo.
- Las extremidades, como hombros, codos, dedos y muñecas, deben tener *loops* adicionales para que, al deformarlas con la animación, no sufran una gran pérdida de su forma y volumen. En este caso, también pueden crearse *tris* para que mantengan su volumen, como se ha nombrado anteriormente.
- En cuanto al uso de polígonos de más de 4 vértices o menos de 2, hay casos en los que son beneficiosos, sobre todo si va a ser una geometría subdividida posteriormente (como elementos *hard surface* creados primero en *low poly* y más tarde subdivididos, o geometría para animación prerrenderizada). Esto es debido a que la dirección de los bucles y sus normales puede cambiar cómo les afecta la iluminación al ser deformados mediante la subdivisión. Una geometría previa que haga que la subdivisión cree la menor deformación posible es más óptima.
- A ser posible, en caso de que sea una vestimenta muy pegada al cuerpo y que vaya a deformarse con él, los *edge loops* deben corresponder con la anatomía del personaje para una mejor deformación más acorde.

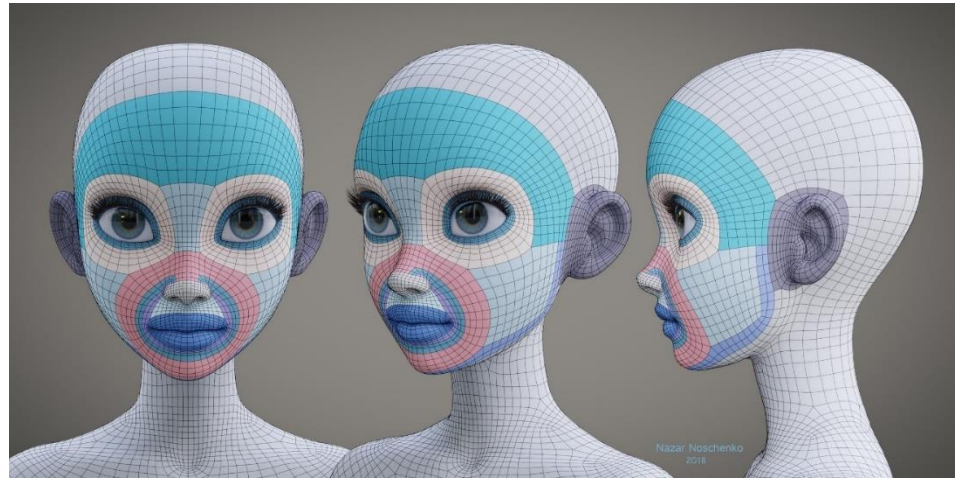
³⁶ Anexo III. *Glosario de términos*.

³⁷ Anexo III. *Glosario de términos*.

³⁸ Anexo III. *Glosario de términos*.

³⁹ Anexo III. *Glosario de términos*.

Fig. 47. *Topología de la cara.* Noschenko, N. (s. f.). Pueden observarse los bucles comúnmente usados en animación.



La *retopología* es un proceso que sigue corrigiéndose durante toda la producción de un videojuego, gracias a que expertos en *rigging*⁴⁰ y animación pueden aconsejar y corregir zonas en las que la deformación no se realiza de manera correcta. Por ello, en este proyecto se hará una primera base, cuya función sea simplemente la optimización del modelo *high poly*, que, más tarde, podría ser corregido por los consejos de un experto en ese campo.

Siguiendo estos consejos, se realizó el modelo en *low poly* de las piezas deformables.

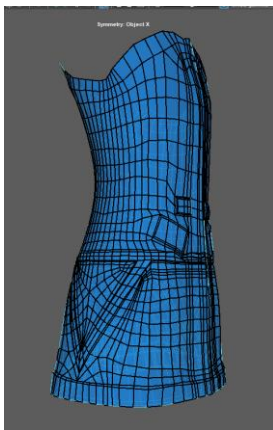


Fig. 48. *Retopología de la camiseta.* Amat, B. (2020) (izq)

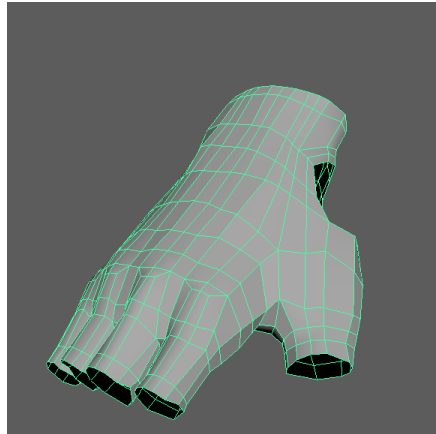


Fig. 50. *Retopología de los guantes. Primera fase.* Amat, B. (2020) (centro)

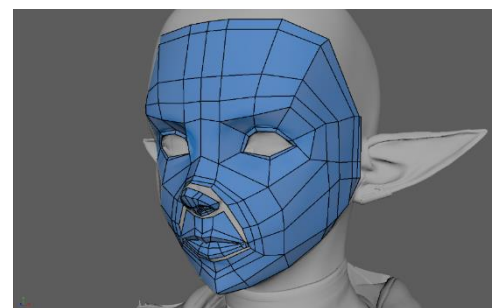


Fig. 49. *Retopología de la cara. Primera fase.* Amat, B. (2020) (derecha).

Para la cabeza, se siguió el esquema propuesto anteriormente, en el cual los *loops* forman la musculatura facial general. En cuando a piezas como la chaqueta y la camiseta, las zonas más pegadas al cuerpo forman, de igual manera, una geometría que sigue la anatomía del personaje, añadiendo detalles donde hiciera falta destacar volumen (por ejemplo, en los bolsillos, canales de la camiseta, o curvas muy marcadas). Así mismo, se eliminaron zonas de la geometría innecesarias, como caras interiores o zonas que fueran a ser cubiertas por otra prenda, como es el caso de la parte superior de la

⁴⁰ Anexo III. *Glosario de términos.*

camisola. En algunas zonas, más tarde se añadirían *loops* adicionales, como es el caso de las manos, que necesitaron más geometría para contener los detalles necesarios.

En cuanto a las piezas *hard surface* que no necesitan *retopología*, las importamos en el archivo en *low poly* para subdividir las, agrupar las piezas y prepararlas para la realización de las UV.

Con esta sección, se da por finalizado el modelo 3D para videojuego, que acabó oscilando los 190 mil triángulos, como propusimos al principio del proyecto⁴¹. En la figura 51 puede observarse un *render* comparativo del modelo *low poly* con una vista de la malla que lo compone.



Fig. 51. *Renders con y sin la malla visible del modelo low poly*. Amat, B. (2020)

4.2.3. Transferencia de detalle

4.2.3.1. Coordenadas UV

El mapeado de UV, explicado más extensamente en el glosario de términos (ver Anexo III), es el proceso de proyectar una imagen 2D sobre la superficie de un modelo 3D, mediante el despliegue de dicha malla 3D en una superficie 2D denominada coordenadas UV (U para la coordenada X, V para la coordenada Y).

Siguiendo los ejemplos de modelos de personajes de juegos actuales como *Final Fantasy XV* o *Devil May Cry*, se agruparon los objetos en varias secciones, en este caso 10: el pelo, la cabeza, los ojos, y otras 7 secciones que agrupan diferentes partes de la ropa. El hecho de que zonas como la cara y los ojos tengan un grupo compuesto solo por ellas, es debido a que de cada grupo se

⁴¹ Las imágenes de los *renders* finales del modelo *low poly* pueden encontrarse en el Anexo II.

formara un mapa de UV y, por tanto, si solo hay una pieza, esta pieza ocupará en su totalidad el espacio del mapa, pudiendo tener más resolución. Cuantas más piezas estén agrupadas en un set de UV, menos resolución tendrá cada pieza. Por ello, la cara, los ojos y el pelo, al ser las zonas de mayor importancia, ocupan un espacio entero de UV.

Para la realización de las UV, se usaron dos programas: Maya y RizomUV. La razón por la que se eligió complementar el trabajo con RizomUV es debido a que contiene herramientas de selección automática de ejes y agrupación de piezas, y este modelo contiene mucha geometría *hard surface* que en un programa más clásico de realización de UV harían el proceso caótico y complicado.

Empezando por la cara y los ojos, se hicieron en Maya, siguiendo un despliegue clásico de UV para la cara, seleccionando los ejes posteriores del cráneo y el borde de las orejas como cortes. La elección de separar las orejas de la cabeza fue debido a que son alargadas y con un despliegue más común en el que se dejan las orejas unidas al cuerpo, habría resultado una zona muy comprimida y con poca resolución. En cuanto a los ojos, la parte posterior fue eliminada, y ambos ocupan un espacio 1:1⁴² entero de UV.

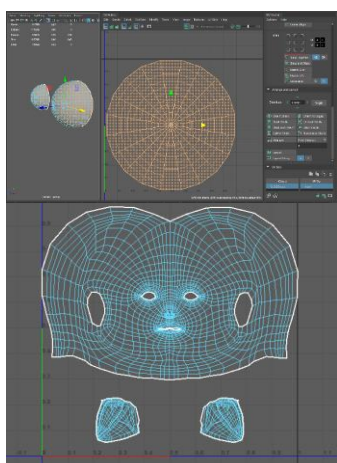


Fig. 54. UV de los ojos. Amat, B. (2020) (superior)

Fig. 53. UV de la cara. Amat, B. (2020) (inferior)

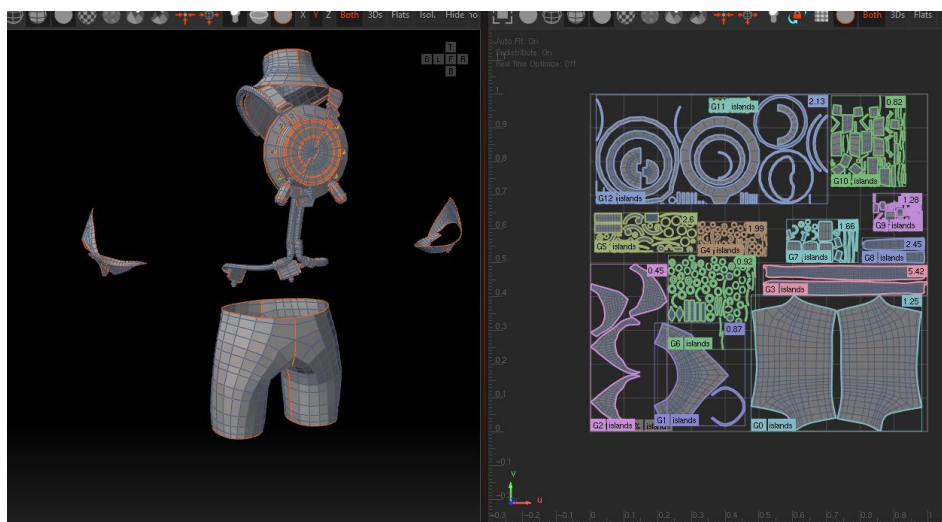


Fig. 52. Primera fase de UV de piezas de la vestimenta. Agrupación por zonas. Amat, B. (2020).

El resto de las piezas se realizaron entre ambos programas, Maya y RizomUV. Para las formas orgánicas, se seleccionó como cortes las zonas correspondientes con costuras o zonas que fueran a estar menos a la vista, en la manera de lo posible. Si era un grupo muy complejo, se usaron las herramientas de agrupación y *packaging*⁴³ de RizomUV, mediante las cuales puedes seleccionar “islas” de UV que se quieren agrupar, y luego “empaquetar” automáticamente dentro del espacio del set de UV. Esto no deja

⁴² Espacio completo disponible para distribuir las UV.

⁴³ Anexo III. *Glosario de términos*.

un resultado totalmente optimizado ni correcto (ya que el resultado óptimo de un mapa de UV es que las piezas ocupen el mayor espacio posible), pero es un primer paso muy importante para mantener las UV ordenadas por secciones, lo cual mantiene un flujo de trabajo más rápido.

Por último, se realizó un trabajo de optimización de UV manual en Maya, en el que se siguieron los siguientes consejos:

- Cada UV se corresponde con una imagen plana, por lo tanto, si se tiene una pieza *hard surface*, obtendremos un resultado mucho más limpio en la textura si esta pieza está desplegada de manera recta hacia la U o la V (en horizontal o vertical) si no, obtendremos un resultado modo “sierra” en el borde del objeto.
- La geometría debe ocupar el mayor espacio posible, todo hueco dejado es espacio gastado.
- Los objetos que requieran más detalle ocupan mayores áreas (por ejemplo, la cara).
- Si dos “islas”⁴⁴ de UV corresponden a un objeto idéntico que van a compartir la misma textura (por ejemplo, dos botones iguales de la chaqueta), deben ser juntadas una encima de la otra en el mismo espacio de UV.
- No deben juntarse UV en ningún caso excepto en el anterior.
- A ser posible, es mejor agrupar objetos para mantener un orden en las UV y poder identificarlos rápidamente al hacer la textura más tarde.

Antes de dar por finalizadas las UV, se consideró importante el realizar las *hair cards* del pelo del personaje.

La realización de *hair cards* varía mucho entre artistas de 3D, hay varias herramientas y formas de trabajarlas y no hay un proceso estandarizado. En algunos casos, como en el videojuego *Horizon: Zero Dawn*, el creador del pelo de los personajes, Johan Lithvall, realizó primero las texturas de las *hair cards* con xGen, un *plug-in* de Maya especializado en creación de pelo, para más tarde crear las *cards*, colocándolas manualmente por capas, dando unos resultados muy detallados (Pixologic ZBrush, 2017, 25:00–32:40). En otros casos, se parte de la realización del pelo con tubos en xGen, para luego seleccionar una menor cantidad de curvas y de éstas crear las *cards*, sobre las que más tarde se colocará la textura del pelo.

Este último proceso fue el que se usó para la creación de las *hair cards* en el proyecto. Con xGen, gracias al análisis y esquema del pelo realizado para el esculpido previo, se crearon tubos que se asemejaran al pelo del personaje,

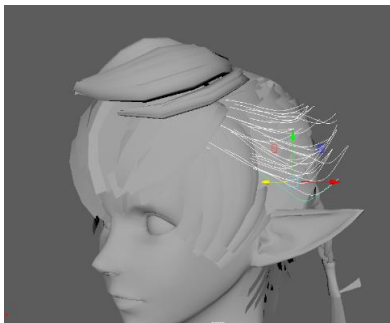


Fig. 55. Creación de curvas para *hair cards* con xGen. Amat, B. (2020) (superior)

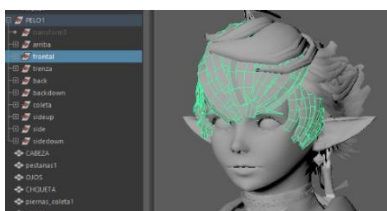


Fig. 56. Curvas transformadas en polígonos y colocadas para las *hair cards*. Amat, B. (2020) (inferior)

⁴⁴ Anexo III. Glosario de términos.

manteniendo la forma general de cada mechón. Estos tubos fueron convertidos a curvas, y luego transformadas a una malla llamada *Ribbon Mesh*. Esta malla es procedural, y contiene opciones para controlar su anchura, giro y longitud, lo cual es muy útil para modificarlas manualmente conseguir un pelo en *cards* sobre el cual se podría colocar la textura más tarde.

En cuanto a las UV del pelo, se agrupó la malla en secciones, que se aplanaron y alinearon en el espacio UV. Cada sección compartirá textura y mapa de normales, y por ello se deben agrupar correctamente dependiendo de la densidad que cada zona debe tener y del estilo del pelo.

4.2.3.2. Proyección de los mapas de normales

En este punto, se llegó a la última parte del proyecto: la proyección de mapas de normales. Para esta tarea, tras examinar los diferentes programas y las herramientas que ofrecían, se decidió usar Marmoset Toolbag, ya que también será el programa que se usará para *renderizar* el resultado final.

Los mapas de normales o *Normal Map* son “un tipo de textura que permite añadir detalles a la superficie de un modelo [...] en los cuales la luz actuará como si estuvieran representados como geometría real” (Unity Manual, s.f.)

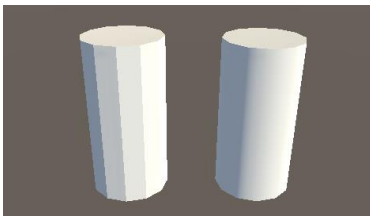
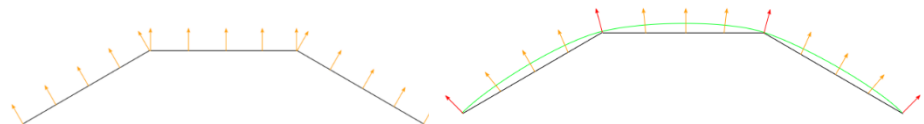


Fig. 57. *Normal map (Bump mapping)*. Unity. (s. f.).

Representación de un cilindro con normales ajustadas y sin ellas (izquierda). Representaciones de las normales como vectores en un caso en el que han sido ajustadas (derecha).



Estos son un proceso vital para la optimización del modelo *high poly*. En esta textura se define mediante un sistema RGB la dirección hacia la cual la “normal” del polígono será dirigida⁴⁵.

Las normales suelen ser representadas como vectores que salen de la superficie de la malla que marcan cómo influenciará la luz a la superficie. En el caso de un cilindro *low poly* cuyas normales estén puestas perpendicularmente a la superficie, será visto como un cilindro con caras planas. Si estas normales son ajustadas, la luz se ajustará, permitiendo que el cilindro se represente como una superficie lisa.

Este ejemplo puede realizarse sin necesidad de un mapa de normales, pero si se quiere recrear una geometría más compleja creando, por ejemplo,

⁴⁵ Para más información: <https://docs.unity3d.com/2019.4/Documentation/Manual/StandardShaderMaterialParameterNormalMap.html>

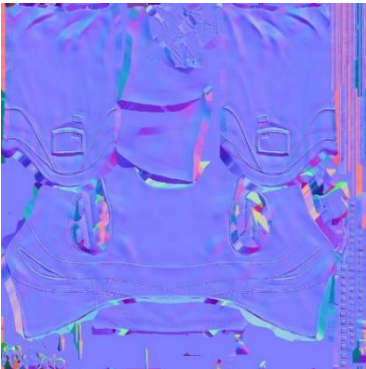


Fig. 58. Mapa de normales extraído para el proyecto. Amat, B. (2020).

costuras, texturas y detalles que no se encuentran en el modelo *low poly*, es necesario el uso de los mapas de normales, los cuales representan la dirección de estas coordenadas.

La preparación para la proyección de mapas de normales es bastante sencilla, pero laboriosa si no se ha tenido en cuenta durante el proceso. El modelo optimizado, sobre el que se proyectará la textura, y el modelo *high poly* que contiene todos los detalles, deben situarse en el mismo espacio. Esto quiere decir que, si durante el proceso de creación del modelo optimizado hemos escalado o movido piezas, estas deben ser ajustadas en el *high poly* para que ambas sean iguales y estén situadas en el mismo sitio. Para ello, se importaron todas las piezas *high poly* ligeramente diezmadas (para que pierdan peso, pero no resolución) en un archivo de Maya junto con las del modelo optimizado, y se ajustaron.

Al proyectar mapas de normales, un error común es intentar proyectar todo el modelo a la vez, pero esto da pie a que tengamos muchos errores en la textura, debido a que la intersección de piezas puede interferir con la proyección. La proyección de mapas de normales se suele realizar definiendo una “caja” alrededor del modelo, esta caja es el límite hasta el cual el programa detectara la geometría que sobresale, y proyectara esta geometría creando la textura RGB del mapa de normales. Si esta caja choca o interfiere con otra pieza que no corresponde a la que queremos, podemos tener una textura inadecuada. Es por ello por lo que las piezas se agruparon con otras con las que no tuvieran interferencias.

El segundo paso es nombrar correctamente la geometría. Haciendo uso de la herramienta Quick Loader de Marmoset Toolbag la cual, nombrando correctamente las piezas, carga de manera automática el modelo optimizado y el *high poly*, juntando cada pieza correspondiente con su pareja. Para ello, debemos renombrar cada objeto con el sufijo “_low” para la pieza optimizada sobre la que se proyectará el *high poly* y, “_high” para la pieza que contenga los detalles que se usarán para proyectar el mapa de normales.

Nombrados correctamente, se cargan, y con las opciones de control del tamaño de caja y ajuste de la dirección de las normales, se autogeneran los mapas de normales. En esta fase se hicieron algunos ajustes a las UV y a la topología de las piezas que salían incorrectamente debido a un mal posicionamiento.

Se decidió exportar los mapas de normales con una resolución a *de* 4096 por 4096 píxeles, ya que más tarde podremos escalarlas a los 2048 si fuera necesario.

4.4.4. Resultado final: renders

El resultado final del proyecto han sido dos modelos del mismo personaje con dos funciones distintas. El primero, con mucha densidad de polígonos, ha servido para poder proyectar el detalle en el segundo modelo, optimizado y preparado para meter a un motor de juego. Como se puede observar, a pesar de ser la malla con menos resolución, gracias a los mapas de normales se obtiene un resultado muy similar al modelo de *high poly*.

Dicho resultado puede verse en la figura siguiente y en las adicionales que se encuentran en el Anexo II.



Fig. 59. Render low poly con los mapas de normales aplicados. Amat, B (2020)

5. CONCLUSIONES

El proceso de trabajo de modelado 3D de un personaje es largo y metódico: las particularidades técnicas e interrelación en el flujo de trabajo de los múltiples paquetes de software de 3D suponen una importante dedicación a la investigación y aprendizaje de técnicas, herramientas y flujos de trabajo, incluyendo las que afectan a etapas posteriores de la producción, como el texturizado, animación e implementación en el motor de videojuego.

Al orientar el trabajo hacia un producto de calidad profesional en su ámbito, se han estudiado métodos avalados por profesionales de la industria. De entre ellos, se han seleccionado y utilizado los que se han considerado más adecuados para componer un flujo de trabajo particular, ya que actualmente no existe una metodología estándar, por lo que pueden usarse diferentes programas y técnicas para obtener los mismos resultados.

En este sentido, ha sido de gran utilidad la experiencia adquirida durante el grado -en modelado 3D, *concept art*, anatomía, diseño de personajes, animación y videojuegos- que he complementado con el aprendizaje de nuevas técnicas herramientas, tanto de manera autodidacta como realizando cursos online y asistiendo a una *masterclass* organizada por la UPV e impartida por Alex Mateo, sobre la realización de pelo con xGen, que ha servido para tener los conocimientos básicos para realizar las *hair cards*. También han sido de gran ayuda las observaciones de compañeras que ayudaron a determinar las correcciones oportunas para respetar los aspectos fundamentales del diseño original en la adaptación, especialmente en lo que se refiere a anatomía general y rasgos faciales.

A título personal, los resultados obtenidos son satisfactorios, con una calidad técnica y gráfica acordes con los objetivos planteados al inicio del proyecto, incluyendo dos modelos 3D de un personaje con una amplia cantidad de detalles y accesorios, cuyo diseño respeta y actualiza el original. Y suponen una importante contribución a mi portfolio.

Además de los conocimientos y competencias adquiridos en lo que se refiere al rediseño y modelado de personajes, los aspectos estudiados en la preproducción (análisis del personaje, características y prácticas de la productora y *remakes* de videojuegos actuales), han ampliado mi comprensión del contexto en el que se enmarca este trabajo.

La redacción de esta memoria me ha servido para organizar todos estos aspectos de forma sistemática y presentar el planteamiento, proceso y resultado del proyecto, capacidades útiles para la comunicación de trabajos

realizados y futuros proyectos que, junto con las adquiridas en el desarrollo del personaje, considero que contribuyen notablemente a mi formación para el perfil de *Character Artist*.

En lo que respecta a la continuidad de este proyecto, actualmente estoy realizando la producción de otro personaje, en este caso su hermana gemela, con su vestimenta característica. Así mismo, pretendo adentrarme en el campo del texturizado y *rigging* con ambos modelos, para completar el largo proceso artístico y técnico de creación de personajes 3D para videojuegos. Por último, se pretende aprovechar la capacidad de adaptación de ambos modelos *high poly* a otros ámbitos, para la producción de figuras físicas. Los conocimientos adquiridos han sido también de gran utilidad para otros proyectos en curso como el prototipo de videojuego *Core Paranoia*, comenzado en la asignatura *Taller de Interacción y Videojuegos*, realizado junto a Lledó Gaya, Núria Soler y Franklin Tonato⁴⁶.

⁴⁶ Para ver un *gameplay* del prototipo del proyecto, visitar: <https://youtu.be/OtwRKudQNck>

6. REFERENCIAS

Amano, Y., & Nomura, T. (s. f.). *Artwork original de Yoshitaka Amano y diseño de Tetsuya Nomura* [Ilustración]. Recuperado el 20 de junio de 2020, en <https://finalfantasyblog.com/wp-content/uploads/2018/06/amano-nomura-terra.jpg>

Armitage, B. (2016). *Render de Aigis* [Imagen]. Artstation. Recuperado el 20 de junio de 2020, en <https://www.artstation.com/artwork/2WYWJ>

Autodesk. (s. f.). *Software de Maya | Software de modelado y animación por ordenador | Autodesk*. Software de Maya. Recuperado 26 de junio de 2020, de <https://www.autodesk.es/products/maya/overview>

Batchelor, J. (2017, 2 octubre). *Final Fantasy XIV: Closing in on peak WoW*. GamesIndustry.biz. Recuperado el 24 de junio de 2020, en <https://www.gamesindustry.biz/articles/2017-10-02-10m-and-counting-the-secrets-of-final-fantasy-xivs-success>

Copeland, A. (2019, 6 agosto). Gamer Escape Interviews Naoki Yoshida-“The Truth Is Out There!” *Gamer Escape: Gaming News, Reviews, Wikis, and Podcasts*. Recuperado el 20 de junio de 2020, en <https://gamerescape.com>

Final Fantasy XIV Behind The Realm Reborn. (2015, 23 diciembre). [Vídeo]. YouTube. Recuperado el 10 de junio de 2020, en https://www.youtube.com/watch?v=YRZ_4H0OK60

Fujii, D., & Facultad de Economía, Universidad de Okayama. (2006, enero). *Entrepreneurial choices of strategic options in Japan’s RPG development*. Recuperado el 18 de junio de 2020, en <https://web.archive.org/web/20061008024010/http://www.e.okayama-u.ac.jp/~dfujii/Option.pdf>

Gamers Heart Japan. (2011, 4 abril). [Video]. YouTube. Recuperado el 25 de junio de 2020, en <https://www.youtube.com/watch?v=uvihDspGt6k>

Madsen, H. (2020, 8 abril). 2020 Has Way Too Many Video Game *Remakes* (But They’re Good). *ScreenRant*. Recuperado el 19 de junio de 2020, en <https://screenrant.com>

Marvelous Designer. (s. f.). *Marvelous Designer*. Marvelous Designer Official Site. Recuperado 26 de junio de 2020, de <https://www.marvelousdesigner.com/product/overview>

Mogi, Y., & Square Enix. (2018). *Concept art* de la clase Mago Rojo [Ilustración]. En *FINAL FANTASY XIV: STORMBLOOD | Art of the Revolution - Western Memories* - (p. 39).

Noschenko, N. (s. f.). *topology* [Imagen]. Recuperado el 20 de junio de 2020, en <https://nazarnoschenko.artstation.com/projects/wzRyV>

Pixologic. (s. f.). *ZBrush Docs | Pixologic ZBrush Documentation*. ZBrush Documentation. Recuperado 26 de junio de 2020, de <http://docs.pixologic.com/features/>

polycount. (s. f.). *Effect of different topology on deformation* [Imagen]. polycount - Limb Topology. Recuperado el 18 de mayo de 2020, en http://wiki.polycount.com/wiki/File:JonathanRush_ex2.jpg

Prince_Noct_. (2019, 19 agosto). *#Noctis #FFXV #FF15 #FFXVSnapshot #PS4share* [Imagen]. Twitter. Recuperado el 18 de junio de 2020, en https://twitter.com/Prince_Noct_/status/1030963186638442496

Savchenko, A. (2020). *Render de Joan of Arc* [Imagen]. Artstation. Recuperado el 10 de junio de 2020, en <https://www.artstation.com/artwork/Oy6qgb>

Schmitz, A., & Guerrilla Games. (s. f.). *Horizon: Zero Dawn - Aloy* [Imagen]. Artstation. Recuperado el 10 de junio de 2020, en <https://www.artstation.com/artwork/EvmxA>

Square Enix. (s. f.-a). *Corporate Profile | About Square Enix Group | SQUARE ENIX HOLDINGS CO., LTD.* SQUARE ENIX HOLDINGS. Recuperado 17 de junio de 2020, de <https://www.hd.square-enix.com/eng/company/outline.html>

Square Enix. (s. f.-b). *Logo de Final Fantasy X* [Imagen]. Recuperado el 23 de junio de 2020, en https://square-enix-games.com/es_ES/games/final-fantasy-x-x-2-hd-remaster

Square Enix. (s. f.-c). *Logo de Square Enix* [Imagen]. Recuperado el 18 de junio de 2020, en <https://www.square-enix.com/>

Square Enix. (2007). *History | SQUARE ENIX*. Square Enix Holdings. Recuperado el 15 de junio de 2020, en <https://web.archive.org/web/20070530053804/http://www.square-enix.com/jp/company/e/history/#top>

Square Enix. (2010). *Render oficial de Alphinaud y Alisaie* [Imagen]. Recuperado el 16 de mayo 2020, en <https://www.finalfantasyxiv.com/>

Square Enix. (2013). *Render oficial de Alphinaud en su traje de la primera expansión* [Imagen]. Recuperado el 20 de junio de 2020, en <https://www.finalfantasyxiv.com/>

Square Enix. (2017). *FINAL FANTASY XIV: HEAVENSWARD | The Art of Ishgard - The Scars of War*. Square Enix.

Square Enix & Express. (2020, 21 junio). *Final Fantasy 7 Remake vs PS1 original* [Imagen]. Recuperado el 20 de junio de 2020, en <https://www.express.co.uk/entertainment/gaming/1231406/Final-Fantasy-7-Remake-vs-PS1-original-PS4-remake-comparison>

Square Enix, Ishikawa, N., Koji Fox, M., Oda, B., & Yoshida, N. (Eds.). (2016). *Encyclopaedia Eorzea - The World of Final Fantasy XIV* (Vol. 1). Square Enix.

Staff, E. (2009, 9 junio). *The Making Of: Final Fantasy VII*. *EDGE Magazine*. Recuperado el 17 de junio de 2020, en <http://www.edge-online.com>

Tennevin, Y. (2013). *Yoshida en la Japan Expo de Paris* [Fotografía]. Recuperado el 22 de junio de 2020, en https://en.wikipedia.org/wiki/Naoki_Yoshida#/media/File:Naoki_Yoshida_-_Japan_Expo_2013_-_P1660560.jpg

The Character Art of Horizon Zero Dawn with Guerrilla Games. (2017, 7 octubre). [Vídeo]. YouTube. Recuperado el 24 de junio de 2020, en <https://www.youtube.com/watch?v=WabkLpQNIyY>

THE CINEMATIC LEGACY OF SQUARE ENIX | KAZUYUKI IKUMORI. (2015, 24 marzo). [Vídeo]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=gyt9xZCx_YY

Tyrrel, B. (2019, 25 junio). *Final Fantasy 7 Remake Will Come on 2 Blu-Ray Discs, Each Episode Size of Full Game E3 2019*. *IGN*. Recuperado el 24 de junio de 2020, en <https://www.ign.com>

Ubisoft is looking for a 3D Character Artist in Sofia, bg. (s. f.). Ubisoft. Recuperado 26 de junio de 2020, de <https://jobs.smartrecruiters.com/Ubisoft2/743999678503464-3d-character-artist>

Unity. (s. f.). *Normal map (Bump mapping)* [Imagen]. Unity Manual. Recuperado el 20 de junio de 2020, en

<https://docs.unity3d.com/2019.4/Documentation/Manual/StandardShaderMaterialParameterNormalMap.html>

Xenoblade 1 - Wii vs Switch Remaster. (2019). [Imagen]. Reddit.
Recuperado el 23 de junio de 2020, en
https://www.reddit.com/r/NintendoSwitch/comments/czs3rq/xenoblade_1_wii_vs_switch_remaster_comparison/

Yoshida, A. (2017). *Concept artwork of Alphinaud Levellieur* [Imagen]. En *FINAL FANTASY XIV: HEAVENSWARD | The Art of Ishgard - The Scars of War*.

7. ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 <i>Diagrama sobre el rol del Character Artist.</i> CGMA, (s. f.).	8
Fig. 2 <i>Diagrama de trabajo.</i> Amat, B (2020). Diagrama explicativo sobre la producción modelo y programas usados en cada fase.	11
Fig. 3. Logo de Square Enix. Square Enix (s.f.).	13
Fig. 4. Concept art de la clase mago rojo. Mogi, Y. (2018).	15
Fig. 5 Logo del videojuego Final Fantasy XIV. Square Enix (2010). Con ilustración de Yoshitaka Amano.	15
Fig. 6. Naoki Yoshida en la Japan Expo de París. Tennevin, Y. (2013). Director del videojuego FFXIV.	16
Fig. 7 Imagen comparativa entre los gráficos de la primera versión del juego FFXIV (derecha) y el juego actual (izquierda).	17
Fig. 8 Xenoblade 1 -Wii vs Switch Remaster (2019). Comparativa de la versión original y su remaster.	18
Fig. 9 Render oficial del protagonista de Final Fantasy Remake. Square Enix (2020) (izquierda)	19
Fig. 10 Concept art del diseño original del protagonista de Final Fantasy VII. Nomura,T. (1996) (derecha)	19
Fig. 11 Imagen del tráiler oficial de Final Fantasy XIV. Square Enix (2019)	19
Fig. 12. Concept art de la clase mago blanco. Yoshida, A (s.f.)	20
Fig. 13 Ilustración promocional de Final Fantasy XIV. Yoshida, A (2010) (derecha)	20
Fig. 14 Artwork original de Yoshitaka Amano y diseño de Tetsuya Nomura Amano, Y., y Nomura, T. (s. f.)	20
Fig. 15 Horizon: Zero Dawn - Aloy Schmitz, A., & Guerrilla Games. (s. f.)	20
Fig. 16 Render de Aigis. Armitage, B. (2016).	21
Fig. 17 Captura de pantalla del tráiler de TLOU2. Naughty Dog (2017)	21
Fig. 18 Render oficial de Alphinaud (izquierda) y Alisaie (derecha). Square Enix. (2010)	22
Fig. 19 Imagen editada y traducida sobre comentarios del diseño del personaje. Amat, B. (2020)	23
Fig. 20 . Concept art de los Elezen. Square Enix, Ishikawa, N., Koji Fox, M., Oda, B., & Yoshida, N. (Eds.). (2016).	23
Fig. 21. Render oficial de Alphinaud en su traje de la primera expansión. Square Enix. (2014).	24
Fig. 22. Esquema y anotaciones de la vestimenta. Amat, B. (2020).	24
Fig. 23. Captura de pantalla del videojuego Final Fantasy XIV. Amat, B. (2019).	25
Fig. 24. Vista de la silueta del modelo original. Amat, B. (2019).	26
Fig. 25. Vista del modelo dentro del programa Maya. Amat, B. (2019).	26
Fig. 26. Captura de pantalla del videojuego Final Fantasy XV. Square Enix (2017)	26

Fig. 27. Final Fantasy 7 Remake vs PS1 original. Square Enix & Express. (2020, 21 junio)..... 27

Fig. 28. Despiece, esquema y lista de la vestimenta del personaje a realizar. Amat, B. (2019)..... 27

Fig. 29. Modelado del cuerpo con ZSpheres. Amat, B. (2019). Se puede observar la referencia colocada en el grid..... 28

Fig. 30. Modelado del cuerpo. Amat, B. (2019). (izq)..... 29

Fig. 31. Modelado del cuerpo después de arreglos. Amat, B. (2020). (derecha) 29

Fig. 32. Modelado del cuerpo, antes de arreglos. Amat, B. (2020). (centro) 29

Fig. 33. Modelado de la cara y el pelo. Amat, B. (2020). (izquierda)..... 29

Fig. 34. Esquema del pelo. Amat, B. (2020) (derecha). 29

Fig. 35. Patronaje de la ropa en Marvelous. Amat, B. (2020)..... 30

Fig. 36. Patronaje de la ropa en Marvelous, acabado. Amat, B. (2020). 30

Fig. 37. Detallado de las manos. Amat, B. (2020) (izquierda)..... 31

Fig. 38. Proceso de detallado de la ropa. Amat, B. (2020) (derecha) 31

Fig. 39. Modelado de racores y tubos. Amat, B. (2020) (inferior) 32

Fig. 40. Modelado de tubos. Amat, B. (2020) (superior) 32

Fig. 41. Fase de modelado de decoraciones con polígonos. Amat, B. (2020).. 32

Fig. 42. Detallado de decoraciones metálicas. Amat, B. (2020). 32

Fig. 43. Modelo high poly finalizado. Amat, B. (2020) (derecha). 33

Fig. 44. Modelo high poly finalizado, vista completa. Amat, B. (2020) (izq). 33

Fig. 45. Modelo high poly finalizado, vista trasera. Amat, B. (2020)..... 33

Fig. 46. Efecto de diferente topología en la deformación. polycount. (s. f.)..... 34

Fig. 47. Topología de la cara. Noschenko, N. (s. f.). Pueden observarse los bucles comúnmente usados en animación. 36

Fig. 48. Retopología de la camisola. Amat, B. (2020) (izq) 36

Fig. 49. Retopología de la cara. Primera fase. Amat, B. (2020) (derecha)..... 36

Fig. 50. Retopología de los guantes. Primera fase. Amat, B. (2020) (centro).... 36

Fig. 51. Renders con y sin la malla visible del modelo low poly. Amat, B. (2020) 37

Fig. 52. Primera fase de UV de piezas de la vestimenta. Agrupación por zonas. Amat, B. (2020)..... 38

Fig. 53. UV de la cara. Amat, B. (2020) (inferior) 38

Fig. 54. UV de los ojos. Amat, B. (2020) (superior)..... 38

Fig. 55. Creación de curvas para hair cards con xGen. Amat, B. (2020) (superior) 39

Fig. 56. Curvas transformadas en polígonos y colocadas para las hair cards. Amat, B. (2020) (inferior)..... 39

Fig. 57. Normal map (Bump mapping). Unity. (s. f.)..... 40

Fig. 58. Mapa de normales extraído para el proyecto. Amat, B. (2020)..... 41

Fig. 59. Render low poly con los mapas de normales aplicados. Amat, B (2020) 42

8. ANEXOS

Para la complementación de la memoria, se han realizado cuatro anexos:

El primer anexo es un “Índice de imágenes”, donde se encuentran las imágenes usadas en la memoria, listadas previamente en el índice de figuras aquí expuesto.

El segundo anexo contiene una presentación de las imágenes con los resultados finales del proyecto. En concreto, comienza con renders del modelo *high poly*, seguido de los *renders* del modelo *low poly* con diferentes vistas (con mapas de normales aplicados, sin aplicar, con la malla expuesta, etc.). Por último, se encuentran vistas con las diferentes piezas del modelo separadas, para conseguir una visión global del modelo y de su amplitud. Así mismo, al final de este se incluye un enlace a la web ArtStation, donde se puede ver y rotar el resultado final del modelo 3D, junto con una explicación de la interfaz de la vista 3D.

El tercero, llamado “Glosario de términos”, contiene información sobre los términos técnicos relacionados con los videojuegos y el modelado 3D, para un entendimiento más claro del proyecto. En este caso, se redirige al lector al Anexo mediante anotaciones a pie de página durante esta memoria.

En cuanto al cuarto anexo, complementa el trabajo con una explicación breve de los programas usados en la producción de los modelos 3D, y enlaces a las páginas web oficiales.