

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Diseño y modelado de personajes para la reconstrucción histórica virtual de La Laguna en el Siglo XVI

*Design and modeling of characters for the virtual
historical reconstruction of La Laguna in the 16th
century*

Miguel Aurelio García González

La Laguna, 08 de Junio de 2020

D. **Isabel Sánchez Berriel**, con N.I.F. 42.885.838-S profesora Contratada Doctora adscrita al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutora

D. **Fernando Pérez Nava**, con N.I.F. 42.091.420-V profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como cotutor

C E R T I F I C A (N)

Que la presente memoria titulada:

“Diseño y modelado de personajes para la reconstrucción histórica virtual de La Laguna en el Siglo XVI”

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Miguel Aurelio García González**, con N.I.F. 78.727.326-M.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 08 de Junio de 2020

Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a mi tutora Isabel por haberme apoyado en todo momento, estar siempre pendiente a pesar de los meses que hemos pasado y ayudarme constantemente en todo lo que hiciera falta. También quiero agradecer a mi cotutor Fernando por su colaboración para sacar adelante este proyecto.

Agradecer también a Cecile Meier y Germán Pescador Barreto por su ayuda inestimable en el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado, gracias a ellos ha sido mucho más llevadero el desarrollo de este proyecto.

Gracias a mi madre por aguantarme durante estos meses, tanto en los momentos buenos como en los no tan buenos, gracias a mis hermanas y mi hermano, por estar siempre ahí apoyándome en todo, gracias a mi sobrina, por siempre estar dispuesta a ayudar y colaborar con su voz en este proyecto, y gracias a mi novia, que probablemente sea la que más me ha tenido que aguantar en todo este proceso, y me ha apoyado y creído en mí siempre.

Por último, escribiendo esto no puedo dejar de acordarme de mi padre, que aunque ya no esté entre nosotros, creo que está cada día conmigo y me encantaría compartir este momento con él, simplemente gracias.

Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Resumen

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado ha sido el desarrollo de una herramienta que contribuya a mostrar de manera interactiva cómo era la ciudad de San Cristóbal de La Laguna siglos atrás, en el tiempo en el que el ingeniero italiano Leonardo Torriani estuvo en la ciudad trabajando en la cartografía de la ciudad. De forma más concreta se ha prestado especial atención a los protagonistas de la historia del siglo XVI y a sus habitantes.

Se ha hecho uso de diferentes herramientas de modelado, Adobe Fuse, Marvelous Designer y Blender, para la creación de los personajes, y finalmente se ha creado un prototipo haciendo uso de la herramienta Unity 3D, en la que aparecen personajes que nos permiten crear empatía con los contextos humanos del pasado. Estos personajes forman parte de la recreación virtual y nos permiten entender los usos y la significación cultural del ambiente reconstruido.

Palabras clave: San Cristóbal de La Laguna, modelado, Adobe Fuse, Marvelous Designer, Blender, Unity 3D, aplicación de escritorio, recreación virtual, rigging, skinning, C#, personajes, vestimentas, Mixamo.

Abstract

The objective of this Final Degree Project has been the development of a tool that contributes to show interactively how the city of San Cristóbal de La Laguna was like centuries ago, when the Italian engineer Leonardo Torriani was in the city mapping it. More specifically, a special attention has been placed to the protagonists of 16th century history and his inhabitants.

Different modeling tools like 'Adobe Fuse', 'Marvelous Designer' and 'Blender', have been used to create the characters, and finally a prototype has been created using the 'Unity 3D' tool, in which characters appear that allow us create empathy with past human contexts. These characters are part of a virtual recreation and allow us to understand the uses and cultural significance of the reconstructed environment.

Keywords: San Cristóbal de La Laguna, modeling, Adobe Fuse, Marvelous Designer, Blender, Unity 3D, desktop application, virtual recreation, rigging, skinning, C#, characters, clothing, Mixamo.

Índice general

Capítulo 1 Introducción	1
1.1 Antecedentes y estado actual del tema	3
1.2 Objetivos	6
Capítulo 2 Modelado de Humanoides 3D: Herramientas y Tecnologías	7
2.1 Técnicas de modelado de humanos 3D	7
2.2 Tecnologías	11
2.2.1 Adobe Fuse	11
2.2.2 MakeHuman	11
2.2.3 Mixamo	11
2.2.4 Blender	12
2.2.5 Autodesk 3ds Max	12
2.2.6 Marvelous Designer	12
2.2.7 Unity 3D	13
2.2.8 C#	14
2.3 Análisis de resultados	14
2.3.1 Creación de personajes	14
2.3.2 Modelado de vestimenta	15
Capítulo 3 Desarrollo	17
3.1 Formación Inicial	17
3.2 Modelos de personajes	18
3.3 Modelado de personajes	18
3.4 Animación	19
3.5 Vestimenta	20
3.6 Configuración del personaje y optimización de Mallas en Blender	21
3.7 Trabajo en Marvelous Designer	23
3.8 Integración en Unity	25

3.9 Interacción con los personajes	27
3.10 Problemas encontrados	28
3.10.1 Formato de animación	28
3.10.2 Formato de aplicación	30
3.10.3 Modelar vestimenta	30
Capítulo 4 Conclusiones y líneas futuras	31
4.1 Conclusiones	31
4.2 Líneas futuras	32
Capítulo 5 Conclusions and Future Lines	33
5.1 Conclusions	33
5.2 Future Lines	34
Capítulo 6 Presupuesto	35
6.1 Justificación del presupuesto	36
Capítulo 7 Bibliografía	37

Índice de figuras

Figura 1.1: Caballero de la Orden de Calatrava 1570-1590	3
Figura 1.2: Imagen utilizada por agencia inmobiliaria para realizar recorrido virtual	3
Figura 1.3: Visita virtual al museo Thyssen	4
Figura 1.4: Plataforma de Open Heritage Alliance	5
Figura 1.5: Recreación Cueva de Altamira	5
Figuras 1.6 y 1.7: Imágenes extraídas del Trabajo de Fin de Grado denominado Realidad Virtual en San Cristóbal de La Laguna	6
Figura 2.1: Comparación de los tres tipos de modelado	8
Figura 2.2: Ejemplo de rigging en Blender	9
Figura 2.3: Ejemplo de Skinning	10
Figura 2.4: Interfaz Adobe Fuse	14
Figura 2.5: Personaje creado con Adobe Fuse	15
Figura 2.6: Interfaz MakeHuman y personaje	15
Figura 2.7: Recreación de camisa con Autodesk 3ds Max	16
Figuras 2.8 y 2.9: Recreación de vestimenta con Marvelous Designer	16
Figura 3.1: Resultado final del desarrollo del tutorial <i>John Lemon's Haunted Jaunt: 3D Beginner</i>	17
Figura 3.2: Personaje 1	18
Figura 3.3: Personaje 2	19
Figura 3.4: Personaje 1 subido a Mixamo	19
Figura 3.5: Personaje 1 con movimiento asignado	20
Figura 3.6: Patrón de vasquiña en el libro Geometría y traça perteneciente al oficio de sastres	20
Figura 3.7: Personaje 1 con vestimenta de cura	21
Figura 3.8: Personaje 2 con vestimenta de mujer humilde	21
Figura 3.9: Importación personaje en Blender	22
Figura 3.10: Personaje con las configuraciones ya realizadas	22
Figura 3.11: Grabación vestimenta Personaje 1	23
Figura 3.12: Vestimenta de cura que se exporta desde Marvelous Designer	24
Figura 3.13: Vestimenta de cura importada en Blender	24
Figura 3.14: Integración del Personaje 1 y la vestimenta	24

Figura 3.15: Componente Nav Mesh Agent	26
Figura 3.16: Script para controlar el camino que sigue el cura	26
Figura 3.17: Punto de recorrido de uno de los personajes	27
Figura 3.18: Mensaje que se muestra al acercarte al personaje	28
Figura 3.19: Personaje en formato FBX	29
Figura 3.20: Personaje en formato Alembic	29

Índice de tablas

Tabla 6.1: Presupuesto

35

Capítulo 1

Introducción

San Cristóbal de La Laguna, conocida popularmente como La Laguna, es una ciudad y municipio perteneciente a la provincia de Santa Cruz de Tenerife, en la isla de Tenerife. Ha sido reconocida por ser pionera en la concepción de su planeamiento, así como por su influencia sobre el desarrollo urbanístico en Latinoamérica. Es el primer ejemplo de ciudad no fortificada de su época. Su espacio está ordenado según un nuevo orden social marcado por una concepción pacífica de la vida y por la facilidad de acceso para el fomento de las relaciones comerciales, propio de los valores del Renacimiento. Esta circunstancia y el diseño y funcionalidad de sus edificaciones llevaron el 12 de diciembre de 1999, a que el Comité de Patrimonio Histórico (UNESCO) concediera a la Ciudad el título de Patrimonio de la Humanidad. Desde su fundación, la ciudad ha sido protagonista de la historia del archipiélago. En ella tiene su sede la primera universidad fundada en Canarias, y el primer y más antiguo instituto en activo del archipiélago, por lo cual La Laguna históricamente fue considerada el centro intelectual de Canarias. Fue sede de la Capitanía General de Canarias (1656-1723), y hasta 1833 fue la capital de facto del archipiélago canario. Todas estas características representan una gran riqueza patrimonial cuya preservación y difusión se ha convertido en objetivo prioritario para los distintos gobiernos municipales y uno de los motores económicos de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna por la afluencia de visitantes que genera.

Las reconstrucciones y las recreaciones virtuales en 3D se han convertido en unas de las herramientas más importantes de difusión y preservación de la historia y el patrimonio cultural, creando contenidos que nos permiten entender gráficamente lo que fuimos. Cada vez más entornos se aprovechan de esta tecnología para mostrar estas reconstrucciones. Las podemos encontrar en museos, videojuegos, documentales... ya que permite llegar a un mayor número de personas. En este tipo de recreaciones se considera que la introducción de personajes nos ayuda a contextualizar y entender mejor la reconstrucción.

Por otra parte, la Realidad Virtual o VR consiste en la inmersión de un usuario en un entorno generado computacionalmente, contemplado por el usuario a través de gafas especiales u otros dispositivos específicos, pudiendo interactuar con él. La

interacción puede ser simplemente visual utilizando una grabación del recorrido, pero también es posible hacer que el usuario se desplace a voluntad en la escena, o incluso poder manipular los elementos dentro de la experiencia virtual.

Actualmente se la estima como una de las tecnologías con mayor potencial en prácticamente cualquier ámbito: medicina, visualización científica de grandes volúmenes de datos, arquitectura... y por supuesto en el área de difusión y conservación del Patrimonio.

Expertos y analistas se reúnen anualmente para analizar las tendencias tecnológicas que vendrán en los próximos años. En el Gartner IT Symposium / Xpo 2019, celebrado entre el 20 y el 24 de octubre en la ciudad de Orlando, se destacaron diferentes tendencias tecnológicas, entre las que vamos a destacar la multiexperiencia. En esta tendencia, se hace hincapié en cómo está evolucionando la realidad virtual, la realidad aumentada y la realidad mixta, lo que provocará un gran cambio en la experiencia del usuario en los próximos años [1]. Desde otra perspectiva, GlobalData publicó un informe en el que se pormenoriza cómo se ha vuelto más importante la utilización de la inteligencia artificial en las empresas de Realidad Virtual [2]. Esperan un aumento en el mercado de la Realidad Virtual, pasando de 7.000 millones de dólares en el año 2018, a 28.000 millones de dólares dentro de 10 años.

En este Trabajo de Fin de Grado se pretende desarrollar una herramienta que contribuya a mostrar zonas de La Laguna que encontramos hoy en día y que forman parte del patrimonio histórico de la ciudad. Se pretende introducir personajes que nos permitan crear empatía con el contexto en el que estará inmerso el usuario, en la [Figura 1.1](#) podemos ver a un caballero de la Orden de Calatrava. Estos personajes forman parte de la recreación virtual y nos permitirán entender los usos y la significación cultural del ambiente reconstruido. De esta forma se pretende despertar el interés general hacia la riqueza patrimonial y cultural de la ciudad que se han convertido en un factor importante en su economía.

Antes de terminar la introducción, debemos explicar que, a pesar de que en un principio la idea de este Trabajo de Fin de Grado era realizar una aplicación de Realidad Virtual, como consecuencia del estado de alarma debido al COVID-19, no hemos tenido acceso al material necesario para poder llevarlo a cabo y probarlo como deberíamos, por lo que hemos tenido que adaptar nuestra aplicación a una versión de escritorio. Sin embargo, esto no impide cumplir los objetivos que se marcaron para el TFG ya que, gracias a la herramienta elegida para el desarrollo, Unity 3D, la diferencia estriba en determinados aspectos de la interacción. Se tendrá una versión del desarrollo para escritorio que con pocas adaptaciones pueda funcionar en un dispositivo de VR como las Samsung Gear.



Figura 1.1: Caballero de la Orden de Calatrava 1570-1590

1.1 Antecedentes y estado actual del tema

En la actualidad la Realidad Virtual está en completo desarrollo, con una continua repercusión en todo tipo de sectores, gracias al abaratamiento de los dispositivos que los han puesto al alcance de una gran cantidad de usuarios. Algunas de las aplicaciones habituales son:

- **Recorridos virtuales:** puedes ver cómo eran antiguamente diferentes zonas, ver cómo quedaría una cocina nueva en tu casa, recorrer una casa que quieras adquirir, pero no puedes ir físicamente a verla... En la [Figura 1.2](#) vemos un ejemplo del recorrido virtual de una vivienda.



Figura 1.2: Imagen utilizada por agencia inmobiliaria para realizar recorrido virtual

- **Tour Virtual 360°:** explora diferentes zonas de un municipio o ciudad. Por ejemplo, [Sevilla en 360](#), tours virtuales a puntos de interés en Barcelona: Casa Batlló, La Sagrada Familia, La Pedrera entre otros. También el Ayuntamiento de La Laguna cuenta desde el año 2017 con una app para la visita virtual de espacios en 360. Cada vez es mayor el número de aplicaciones de realidad virtual que podemos encontrar actualmente para recorrer ciudades y museos.
- **Experiencias interactivas:** interactuar con diferentes personajes, realizar diferentes acciones en un juego para alcanzar un logro determinado...

Podemos encontrar varios ejemplos de proyectos ya desarrollados que se encuentran en la línea de trabajo que seguimos en este Trabajo de Fin de Grado:

- **Aplicación de VR del museo Thyssen [3]:** actualmente, el museo Thyssen nos da la posibilidad de acceder al museo y descubrir todas sus salas por medio de la realidad virtual. Otra posibilidad que nos ofrece, es sumergirnos dentro de tres cuadros de la colección con la que cuentan. Encontramos un ejemplo de lo nos encontramos al acceder a la aplicación del museo en la [Figura 1.3](#).

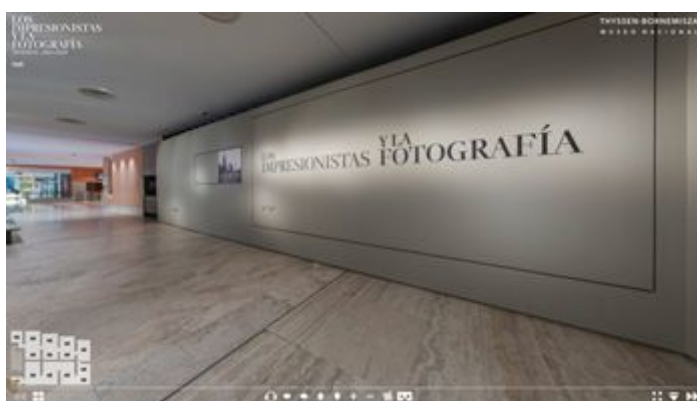


Figura 1.3: Visita virtual al museo Thyssen

- **Proyecto CyArk-Open Heritage [4]:** se trata de un proyecto llamado Open Heritage Alliance instituido entre varios miembros entre los que encontramos a CyArk o la Universidad del Sur de Florida. El objetivo de este proyecto es conseguir que datos patrimoniales 3D sean abiertos y accesibles. Podemos ver lo que podemos encontrar en el proyecto en la [Figura 1.4](#).



Figura 1.4: Plataforma de Open Heritage Alliance

- **Cuevas de Altamira [5]:** las Cuevas de Altamira, Bien de Interés Cultural de la Humanidad, cuentan con una aplicación de realidad virtual que las reproduce y permite realizar una visita que emula la entrada que realizó su codescubridora, María Sanz de Sautuola. En la [Figura 1.5](#) encontramos una recreación de un visitante con las gafas de realidad virtual visitando la Cueva.



Figura 1.5: Recreación Cueva de Altamira

Para finalizar, este proyecto continúa la línea iniciada en el Trabajo de Fin de Grado: Realidad Virtual en San Cristóbal de La Laguna, Patrimonio Histórico, del año 2017, en las [Figuras 1.6 y 1.7](#) podemos observar dos imágenes sobre el resultado de este proyecto. En él se generó un modelo 3D del casco histórico de la ciudad a partir de datos LIDAR del catastro, mediante un modelo simple del casco histórico de la ciudad, con un levantamiento en detalle de la Plaza del Adelantado. Sobre este modelo se programó una aplicación de VR que permite pasear virtualmente e interactuar con un guía para conocer información sobre los diferentes edificios históricos que podemos encontrar en la plaza.



Figuras 1.6 y 1.7: Imágenes extraídas del Trabajo de Fin de Grado denominado Realidad Virtual en San Cristóbal de La Laguna

1.2 Objetivos

El principal objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es enriquecer el proyecto *Realidad Virtual en San Cristóbal de La Laguna* añadiendo diferentes personajes ataviados con vestimentas de época, con la finalidad de proveer una mejor experiencia. Para llegar a cumplir este objetivo, nos vamos a enfocar principalmente en el análisis, uso e integración de modelos de vestimenta 3D en Unity. Hemos planteado los siguientes objetivos para llegar a conseguir lo que nos hemos propuesto:

- Recopilación y estudio de información histórica de La Laguna del siglo XVI: cómo era la ciudad en esa época y su vestimenta.
- Realización de los personajes y su vestimenta: investigar diferentes herramientas de modelado que podríamos usar para la realización de este proyecto, ver cuál sería más adecuada para nuestro caso.
- Integración en Unity: realizar una investigación sobre cómo poder integrar los diferentes personajes en Unity junto con su vestimenta.
- Implementación de mecánicas relacionadas con los personajes: conseguir que los personajes aparezcan, por ejemplo, paseando por el escenario que tenemos, guiándonos en nuestro recorrido..

Capítulo 2

Modelado de Humanoides 3D: Herramientas y Tecnologías

2.1 Técnicas de modelado de humanos 3D

Agregar personajes en una aplicación que recree virtualmente un entorno contempla las siguientes características:

- El personaje se desenvuelve en un mundo gráfico simulado 3D.
- El personaje posee una representación gráfica dentro del mundo que habita, y se puede optar por darle la capacidad de percibir, adaptarse, y reaccionar a su entorno, incluso respondiendo a cambios de forma autónoma.

En conclusión, cumplir con estas características conlleva la construcción de humanos virtuales con cierta inteligencia, que doten de veracidad al personaje. Esta tarea es muy compleja, aplicándose diversas técnicas como el modelado, la animación y la inteligencia artificial. Mediante el modelado se determinará la apariencia que tendrá el personaje, que debe ser creíble, en la medida que lo permita las capacidades de cómputo del dispositivo. Además, el modelo debe facilitar el diseño de las animaciones.

Un modelo 3D es una representación geométrica de cualquier objeto tridimensional que se nos pueda ocurrir. El proceso de llevar a cabo esta representación gráfica por medio de diferentes herramientas, es lo que conocemos como modelado 3D. Podemos llevar a cabo este proceso de modelado de dos formas:

- **Manualmente:** se prepara la información geométrica para los gráficos 3D de forma similar a como se elabora en las artes plásticas y la escultura.
- **Automáticamente:** este proceso automático se realiza por medio de software especializado, conocidos como “Aplicaciones de modelado” o

“modeladores”. Algunos ejemplos de programas de modelado de propósito general son: Blender, Maya, Autodesk 3d Studio, etc. También existen aplicaciones de modelado de propósito específico, como Marvelous Designer especializado en el desarrollo de vestimentas.

Los modelos 3D que se generan consisten en la aproximación geométrica, más simple de las formas que se quieren representar mediante una cierta cantidad de polígonos. Los modelos, además de la información de los vértices pueden incluir otra información relevante para el renderizado como los vectores normales, necesarios para el cómputo de la iluminación, los materiales y las coordenadas de textura. A mayor número de polígonos que compongan nuestro modelo, se va a tener un mayor nivel de detalle, lo que implica que a la hora de visualizar el modelo necesitemos que nuestro equipo o dispositivo tenga una mayor potencia. Para poder visualizar nuestro modelo en un mayor número de dispositivos, sin necesidad de tanta potencia, se realiza una optimización o disminución del número de polígonos. Teniendo en cuenta el número de polígonos que contenga un objeto podemos distinguir entre tres tipos [6]:

- **Low-Poly:** este tipo es el más simple, contiene pocos detalles por lo que se facilita el renderizado al tener un menor número de polígonos, y no necesitaríamos un dispositivo tan potente para poder utilizarlo en un videojuego.
- **Medium-Poly:** este tipo de modelado es un poco más detallado que el anterior, conseguimos modelos de un detalle medio.
- **High-Poly:** es el tipo de modelado más detallado, utiliza un mayor número de polígonos para conseguir esos detalles, lo que provoca bastante complejidad en el renderizado y la necesidad de usar equipos más potentes.

En la [Figura 2.1](#) podemos encontrar una comparación entre los tres tipos mencionados anteriormente.

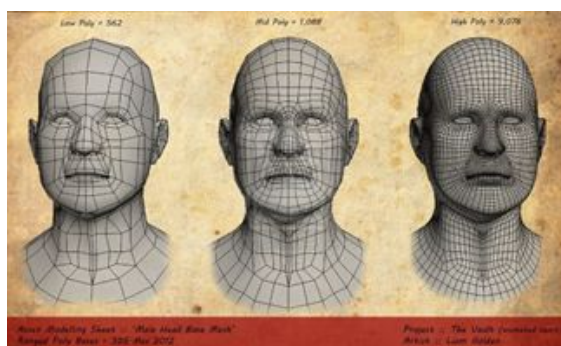


Figura 2.1: Comparación de los tres tipos de modelado [7]

En el caso del modelado de humanos 3D, podemos encontrar la técnica de modelado orgánico y los procesos de rigging y skinning que pasamos a describir a continuación:

- **Modelado orgánico:** este tipo de modelado se basa en la creación imitando a todo lo que podamos encontrar en la naturaleza utilizando curvas y formas irregulares. Gracias a este tipo de modelado, conseguimos la realización de personajes humanos.
- **Rigging:** es el proceso de crear una estructura o esqueleto a nuestro modelo para que pueda ser animado. Al igual que el esqueleto de un ser humano, el rigging se compone de huesos, conocidos como *bones*, y articulaciones, llamados *joints*. Sin el rigging, no habría ningún tipo de movimiento o deformación en los personajes, por lo que es una parte muy importante para el proceso de animación. El rigging se suele realizar de forma manual, para ajustar exactamente los puntos que corresponden articulaciones. No todos los personajes van a tener este mismo esqueleto, por lo que podemos adaptarlo según necesitemos para cada personaje. Teniendo en cuenta lo anterior, el proceso de rigging puede ser bastante tedioso y llevar un coste elevado en tiempo. Herramientas de modelado como es el caso de *Blender*, incluyen por defecto una serie de esqueletos que podemos aprovechar y adaptar a los personajes que creamos, en caso de modelados humanos, por ejemplo. Esto permite ahorrar bastante tiempo, ya que evitamos realizar el rigging desde cero. Partiendo de un esqueleto por defecto se ajusta a nuestro personaje, logrando buenos resultados y permitiendo un gran ahorro de tiempo y esfuerzo. En la [Figura 2.2](#) vemos un ejemplo de Rigging.

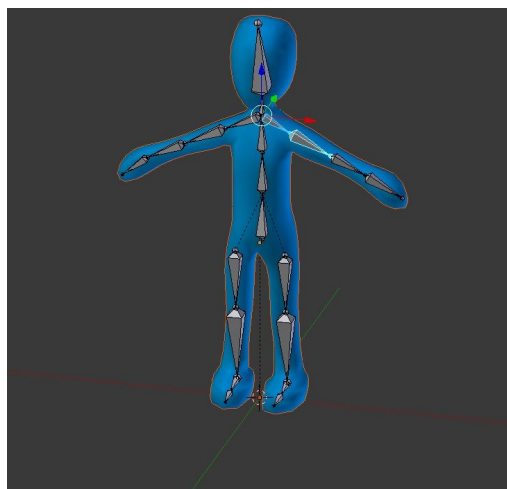


Figura 2.2: Ejemplo de rigging en Blender [8]

- **Skinning:** tras haber aplicado el rigging a nuestro modelo, es el momento de transmitirle movimiento, para ello, se realiza el proceso llamado *Skinning*. Este proceso consiste en darle movimiento, asignamos huesos de nuestro rigging a una malla, que se verá afectada por el movimiento de esa parte del esqueleto. Es decir, asignamos el esqueleto que hemos realizado al personaje, y una vez empezemos a aplicar la deformación veremos el movimiento de nuestro modelo. En la [Figura 2.3](#), vemos el color rojo, que quiere decir que, al aplicar movimiento en ese hueso, afecta a esa parte de nuestro personaje.

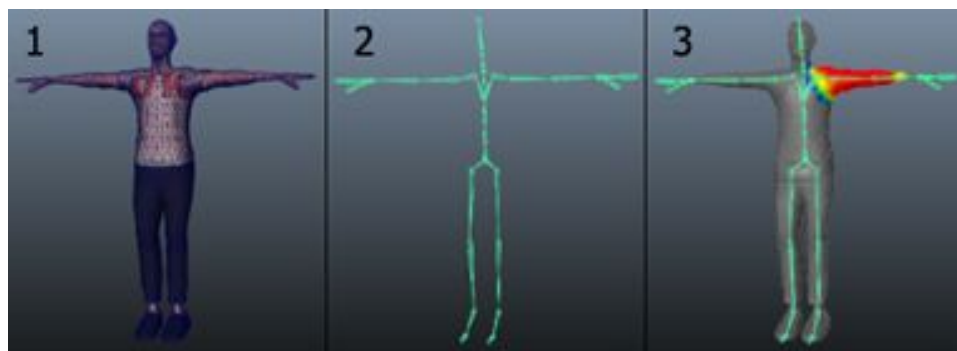


Figura 2.3: Ejemplo de Skinning [\[9\]](#)

En cuanto al modelado de las vestimentas de los personajes, existen tres tipos de técnicas de modelado:

- **Geométricas:** se trata de modelado de vestimentas estáticas, solo tiene en cuenta la apariencia física de la ropa.
- **Físicas:** esta técnica sí tiene en cuenta las propiedades físicas de la ropa, al contrario que la técnica geométrica, se simula su comportamiento según un modelo físico. Tendríamos una red de partículas conectadas entre sí por medio de resortes.
- **Partículas/Energía o híbridas:** va más allá que la técnica anterior, en este caso, la red partículas que tenemos interactúa directamente. En lugar de tener un resorte para conectar entre sí las partículas, las interacciones energéticas de las partículas se utilizan para determinar la forma de la tela.

Actualmente podemos encontrar multitud de herramientas para la creación de personajes, modelado de vestimentas, creación de materiales y texturas, rigging y animación de personajes y el renderizado. Algunas de las más conocidas son: Adobe Fuse, MakeHuman, Mixamo, Blender, Autodesk 3ds Max, Maya, Zbrush, Marvelous Designer y un largo etcétera. En el siguiente epígrafe, entraremos a

hablar sobre cada una de ellas y veremos algunos de los resultados que nos han proporcionado.

2.2 Tecnologías

A continuación, se describen las diferentes herramientas que se han analizado para lograr los objetivos del proyecto, señalando por cuál de ellas se ha optado finalmente.

2.2.1 Adobe Fuse

Adobe Fuse [\[10\]](#) es un software desarrollado por Mixamo que permite a los usuarios crear personajes en 3D. Su principal novedad es la capacidad de importar e integrar contenido generado por el usuario en el creador de personajes. Fuse es parte del conjunto de productos de Mixamo y está dirigido a desarrolladores de videojuegos, modders de videojuegos y entusiastas del 3D. Sin necesidad de tener experiencia previa en el mundo del 3D, se puede crear rápidamente diferentes personajes usando una biblioteca de contenido 3D de alta calidad, desde caras y cuerpos hasta ropa y texturas, con una opción para personalizar el color, la textura y la forma de los diferentes atributos que podemos encontrar en la aplicación. Esta aplicación se ha utilizado para la creación de los diferentes personajes que se encuentran integrados en el proyecto. Nos decidimos por Adobe Fuse debido a su sencillez de uso, a la comodidad que proporciona este modelo para animarlo y compatibilidad con diferentes herramientas de modelado 3D y motores de videojuegos.

2.2.2 MakeHuman

MakeHuman [\[11\]](#) es una aplicación de gráficos 3D por computadora para prototipado de humanoides fotorrealistas para ser utilizados en diferentes aplicaciones de gráficos por ordenador. Ha sido desarrollada por una comunidad de programadores, artistas y académicos interesados en el modelado tridimensional de personajes. Esta aplicación ha sido desarrollada utilizando tecnología per-vertex animation. El modelo inicial es un humano estándar que puede irse modificando mediante controles intuitivos hacia un humano más masculino, femenino, cambiando la estatura, el ancho, edad, etc.

2.2.3 Mixamo

Mixamo [\[12\]](#) es una herramienta basada en web, con la que podemos crear animaciones 3D sin ninguna experiencia previa en estas técnicas, pudiéndose obtener personajes animados en movimiento al instante. Desde Mixamo se puede aplicar un esqueleto humano a un personaje de forma automática, se facilitan también controles para ajustarlo al modelo proporcionado y dejarlo preparado para ser animado. Desde la propia aplicación se pueden configurar parámetros de optimización para el rendimiento en móviles. Además Mixamo cuenta con una librería muy extensa de animaciones para personajes humanos que han sido

capturadas de actores de movimiento, también editables y configurables. Por último otra de las ventajas es que los modelos generados pueden ser utilizados en numerosos motores de videojuegos y softwares de desarrollo 3D como Unreal, Unity, Blender, etc.

Otra de las grandes ventajas de Mixamo es la completa integración con Adobe Fuse, pudiéndose importar directamente el modelo que se ha realizado a Mixamo, y una vez en esta herramienta, darle el movimiento que necesites. Esta aplicación se ha aprovechado para darle movimiento a los diferentes personajes que habíamos creado en Adobe Fuse.

2.2.4 Blender

Blender [\[13\]](#) es una aplicación multiplataforma que nos ofrece un conjunto de herramientas esenciales para la creación de contenido 3D. Está orientado a artistas y profesionales del diseño, puede ser usado para crear visualizaciones 3D estáticas o vídeos de alta calidad. Incorpora un motor 3D en tiempo real el cual permite la creación de contenido tridimensional interactivo que puede ser reproducido de forma independiente.

Esta aplicación se ha utilizado para establecer las diferentes configuraciones de los modelos junto a sus movimientos, y la integración y sincronización de los modelos de las vestimentas con el correspondiente modelo del personaje. Se optó por esta solución debido a su potencia y versatilidad, la capacidad de importar y exportar en diferentes formatos lo que favorecía bastante a este desarrollo y, además, se trataba de un software libre, gratuito y multiplataforma.

2.2.5 Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max [\[14\]](#) es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk. Se trata de un software de modelado, animación y renderizado en 3D construido y desarrollado para la visualización de juegos y diseños. Es uno de los programas más populares en la industria de gráficos por ordenador y es bien conocido por tener un robusto conjunto de herramientas para artistas 3D.

2.2.6 Marvelous Designer

Marvelous Designer [\[15\]](#) es un simulador 3D de tejidos y prendas, que facilitan la creación de diseños de calidad con un gran ahorro de tiempo. Es utilizado en algunos de los mejores estudios de cine de animación y videojuegos (Ubisoft, EA). Se trata de un software intuitivo que permite el diseño, la creación y la animación 3D de telas y ropa para personajes a partir de patrones 2D similares a los que se usan tradicionalmente por modistas y costureras, lo que facilita enormemente el proceso de creación.

Se ha empleado esta aplicación para el diseño de las diferentes vestimentas sobre el propio modelo creado en Adobe Fuse, además de aprovechar también para la simulación y animación de estos ropajes.

Nos hemos valido de esta aplicación debido a su alta calidad para simular diferentes tejidos y la facilidad de creación de las piezas que conforman la ropa. Además de Marvelous Designer, se evaluó el uso de 3D Studio Max para la creación del vestuario de personajes, pero al comparar los resultados decidió usar Marvelous Designer, por la calidad de la simulación, el tiempo que se ahorra usando esta herramienta, y la disponibilidad de patrones en la documentación histórica consultada para el diseño de los personajes.

2.2.7 Unity 3D

Unity [\[16\]](#) es un motor de desarrollo o motor de juegos. El término motor de videojuego hace referencia a un software el cual tiene una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y el funcionamiento de un videojuego. Se trata de un software que centraliza todo lo necesario para desarrollar videojuegos, para diversas plataformas mediante un editor visual y programación vía scripting, y pudiendo conseguir resultados totalmente profesionales.

Hemos escogido Unity debido a su potencia y todas las ventajas que ofrece:

- Los gráficos tanto 2D como 3D presentan una calidad óptima.
- La herramienta tiene una curva de aprendizaje bastante baja, debido en parte a lo intuitiva que es la plataforma ya que muchas acciones se basan en arrastrar y soltar. Sin embargo, para conocer a fondo esta herramienta, son necesarios años de experiencia.
- Contiene la Asset Store, que se trata de la tienda online más completa de complementos para los juegos.
- Unity es multiplataforma, es decir, un mismo videojuego puede ser exportado a diferentes plataformas (dispositivos móviles, ordenadores, consolas...) con un solo click. Debemos tener en cuenta los gráficos de un juego para una consola determinada y para un móvil no deberían tener la misma calidad, habría que realizar diferentes adaptaciones, pero es una posibilidad que nos ofrece este software.
- La gran potencia de scripting de Unity que permite realizar complejos desarrollos a partir de la API del motor.
- Por último, nos ofrece una licencia gratuita para poder trabajar con este motor de videojuegos.

2.2.8 C#

C# [17] es un lenguaje con seguridad de tipos y orientado a objetos que permite a los desarrolladores crear una gran variedad de aplicaciones seguras y sólidas que se ejecutan en .NET Framework. Se puede usar para crear aplicaciones cliente de Windows, servicios web XML, componentes distribuidos, aplicaciones cliente-servidor, aplicaciones de base de datos y muchas más. Su sintaxis es muy expresiva, pero también sencilla y fácil de aprender. Cualquier persona familiarizada con C, C++ o Java, reconocerá al instante la sintaxis de llave de C#.

Hemos hecho uso de C# para realizar diferentes scripts que describen el comportamiento de los personajes que se han incluido en el proyecto.

C# fue el lenguaje que utilizamos ya que es el lenguaje con el que permite trabajar Unity, para el desarrollo de los scripts. Hace unos años, se permitía el uso de JavaScript, pero a partir de la versión de 2017, Unity decidió quitar JavaScript y dejar C# como lenguaje para realizar los scripts.

2.3 Análisis de resultados

En este punto se analizan y comparan los resultados obtenidos con las diferentes herramientas usadas tanto para la creación de personajes como para el modelado de las vestimentas.

2.3.1 Creación de personajes

Para la creación de personajes, se hicieron pruebas con dos de las tecnologías anteriormente mencionadas: Adobe Fuse y MakeHuman. Con ambos programas se obtienen resultados satisfactorios, si bien los modelos creados con Fuse fueron mejores, además de ser más sencilla la integración con las restantes herramientas, especialmente Mixamo.

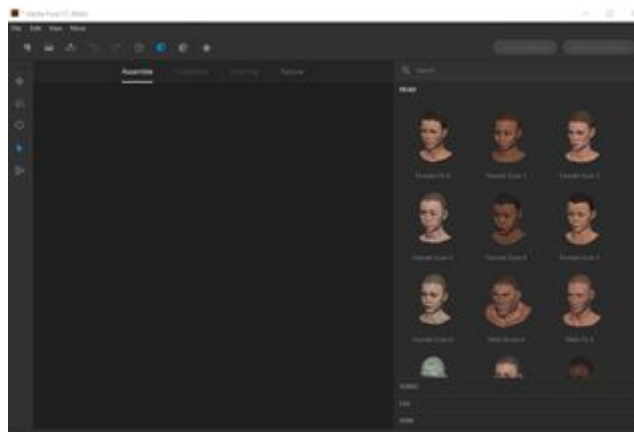


Figura 2.4: Interfaz Adobe Fuse

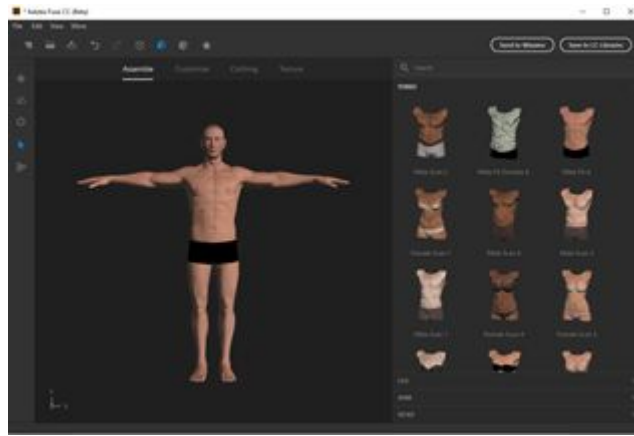


Figura 2.5: Personaje creado con Adobe Fuse

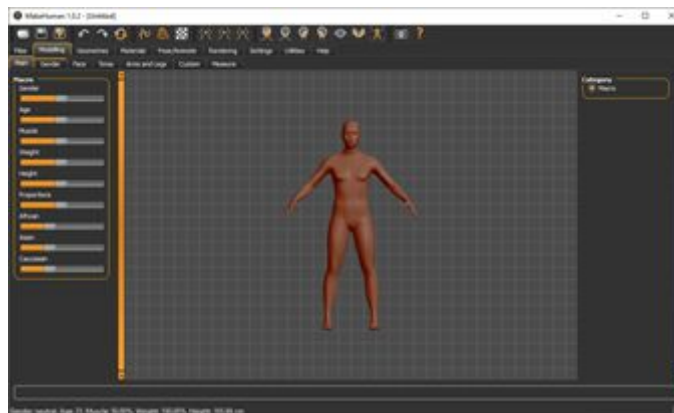


Figura 2.6: Interfaz MakeHuman y personaje

2.3.2 Modelado de vestimenta

Para la realización de las diferentes vestimentas se experimentó con Autodesk 3ds Max y Marvelous Designer. En este caso, no hubo ninguna duda respecto a la elección ya que los resultados obtenidos con Marvelous Designer eran mucho más realistas. Además, el proceso de generación del modelo basado en los patrones facilita enormemente la creación y los ajustes del diseño al personaje, lo que ahorra mucho tiempo de modelado. Por otra parte destaca también la simulación que se obtiene y las animaciones y características de los tejidos. En la [Figura 2.7](#) vemos un ejemplo de prueba realizada con Autodesk 3ds Max, y en el caso de las [Figuras 2.8 y 2.9](#) vemos un ejemplo realizado con Marvelous Designer.

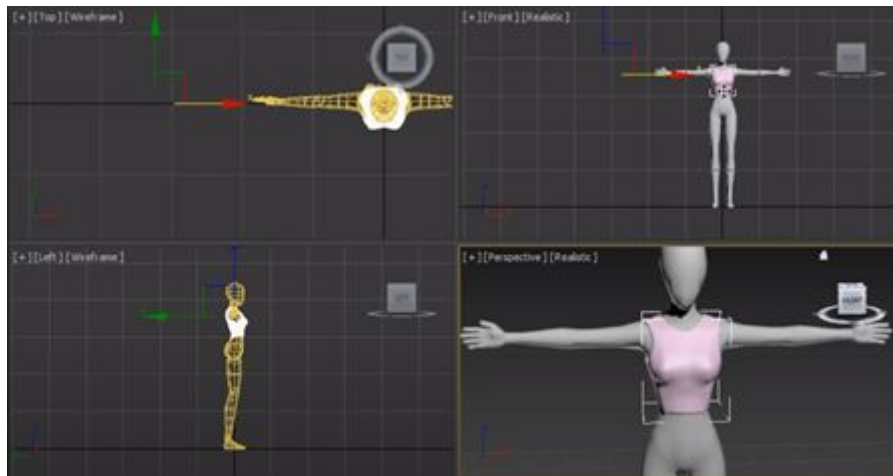
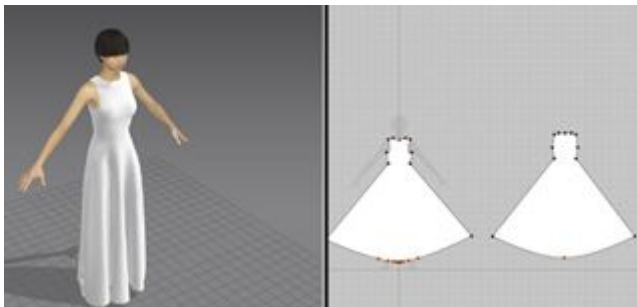


Figura 2.7: Recreación de camisa con Autodesk 3ds Max



Figuras 2.8 y 2.9: Recreación de vestimenta con Marvelous Designer

Capítulo 3

Desarrollo

3.1 Formación Inicial

La formación inicial ha sido el primer paso a dar para poder afrontar el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado. Para ello, se han destinado los primeros meses de la asignatura al estudio del modelado 3D, la realidad virtual y las diferentes herramientas que pudieran ser necesarias para llevar a cabo este proyecto. En estos meses, se ha aprendido el uso del motor de videojuegos Unity, Adobe Fuse y Mixamo, se ha investigado sobre diferentes herramientas de modelado como Autodesk 3ds Max, Blender y Marvelous Designer, que serían usadas en los siguientes meses tras esta formación inicial.

La formación de Unity parte del libro *Unity 2017.X Curso Práctico* [18], y el tutorial llamado *John Lemon's Haunted Jaunt: 3D Beginner* [19]. Gracias a estos recursos, me he familiarizado tanto con la interfaz como el desarrollo en Unity. En la [Figura 3.1](#) podemos ver el resultado obtenido después de realizar el tutorial.



Figura 3.1: Resultado final del desarrollo del tutorial *John Lemon's Haunted Jaunt: 3D Beginner*

3.2 Modelos de personajes

En el trabajo se usan modelos de personajes con vestimentas habituales en la moda española en el siglo XVI. Las características y modelos de las vestimentas han sido facilitadas por el equipo del Proyecto de Investigación: Reconstrucción Histórica Virtual de San Cristóbal de La Laguna. Para el desarrollo del proyecto se han utilizado el modelo de vestimenta eclesiástica y el modelo de mujer humilde [20] [21] cuyas características más relevantes son:

- **Doctores y altos eclesiásticos de la Iglesia:** Loba holgada que llegaba a los tobillos, esta pieza de ropa es una especie de sotana.
- **Mujer humilde:** Corresponde a artesanas, labradoras, sirvientas, etc. Los elementos más repetidos en la vestimenta son un cuerpo muy escotado sin mangas, camisa y vasquiña, que es el nombre que se daba a la falda. También solían llevar una toca a modo de pañuelo sobre los hombros y delantal. No era raro que fuesen descalzas o que usaran un tipo de sandalia denominado chinelas.

3.3 Modelado de personajes

Para realizar el modelado de los humanoides integrados en la aplicación, hemos utilizado la aplicación de modelado 3D *Adobe Fuse*. Se trata de una herramienta muy sencilla e intuitiva de utilizar, y que permite crear personajes en pocos minutos sin necesidad de tener experiencia. A continuación, se muestran los personajes realizados para este trabajo:

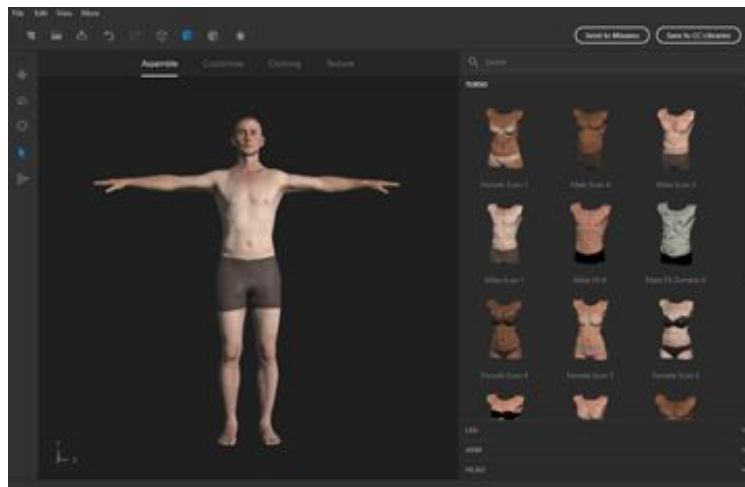


Figura 3.2: Personaje 1

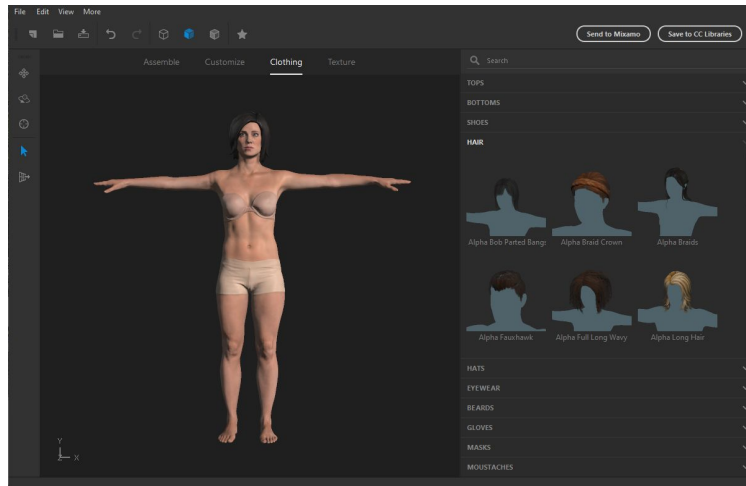


Figura 3.3: Personaje 2

3.4 Animación

Para llevar a cabo esta parte del proyecto, hemos usado *Mixamo*. Se trata de un software online que nos permite cargar los diferentes personajes producidos con *Adobe Fuse*, les proporciona un esqueleto humano adaptado a nuestro modelo que nos permite posteriormente hacer la animación desde el mismo sitio web. Para ello, contamos con infinidad de movimientos integrados en la herramienta que podemos usar para animar a nuestro personaje, y luego exportar este modelo para utilizarlo como necesitemos. Veamos el proceso para trabajar con *Mixamo*:

- Exportamos el modelo como OBJ [22] desde *Adobe Fuse*, y subimos el modelo a *Mixamo*, que nos mostrará cómo se ha subido el modelo y nos pedirá que marquemos diferentes puntos del cuerpo para realizar el Auto-Rigging:



Figura 3.4: Personaje 1 subido a Mixamo

- Una vez hecho el Auto-Rigging, podemos asignarle el movimiento que queramos escogiendo entre todos los que nos ofrece esta herramienta, en la figura 3.5 hemos elegido la opción de caminar:

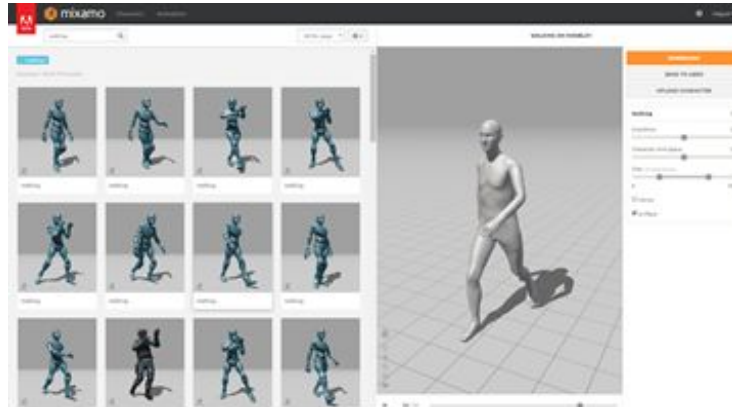


Figura 3.5: Personaje 1 con movimiento asignado

Por último, una vez ya tengamos nuestro personaje animado podemos descargarlo para seguir usando el modelo en nuestro proyecto.

3.5 Vestimenta

Las vestimentas se han diseñado haciendo uso de la herramienta *Marvelous Designer*. Para el desarrollo del Trabajo se ha contado con los diseño estáticos facilitados por la profesora de Bellas Artes Cecile Meier. En las [Figuras 3.7](#) y [3.8](#) se muestran los patrones y el resultado de su adaptación al humanoide obtenido con *Adobe Fuse*. Es necesario destacar que el proceso de creación de las vestimentas que nos ha proporcionado se ha realizado adaptando los patrones de las piezas de ropa en los libros de sastrería de la época [\[20\]](#) [\[21\]](#).

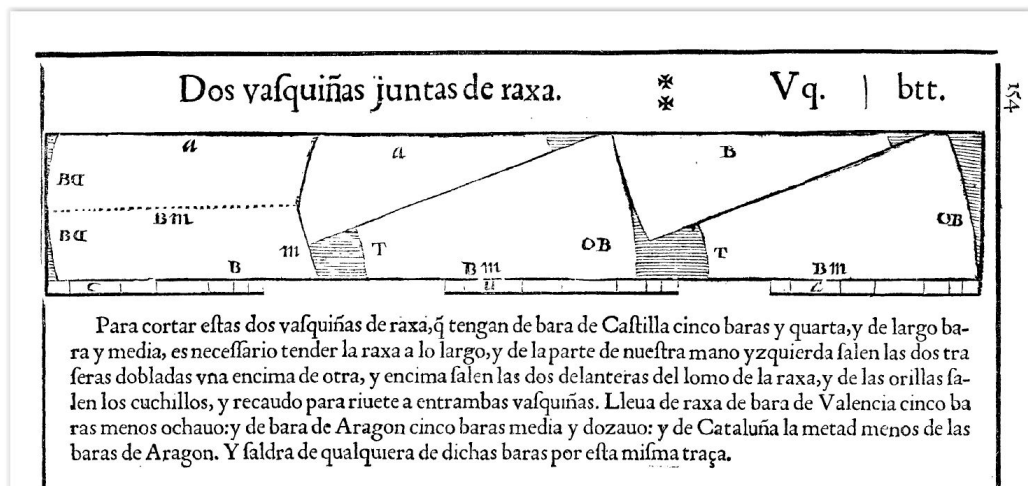


Figura 3.6: Patrón de vasquiña en el libro Geometría y traça perteneciente al oficio de sastres [\[21\]](#)

A partir de estos modelos se ha llevado un proceso de investigación y experimentación para determinar las herramientas y el flujo de trabajo que permita la animación y sincronización de movimientos de la vestimenta con su portador, así como su integración en un proyecto Unity. Los siguientes epígrafes se refieren a estos procedimientos.

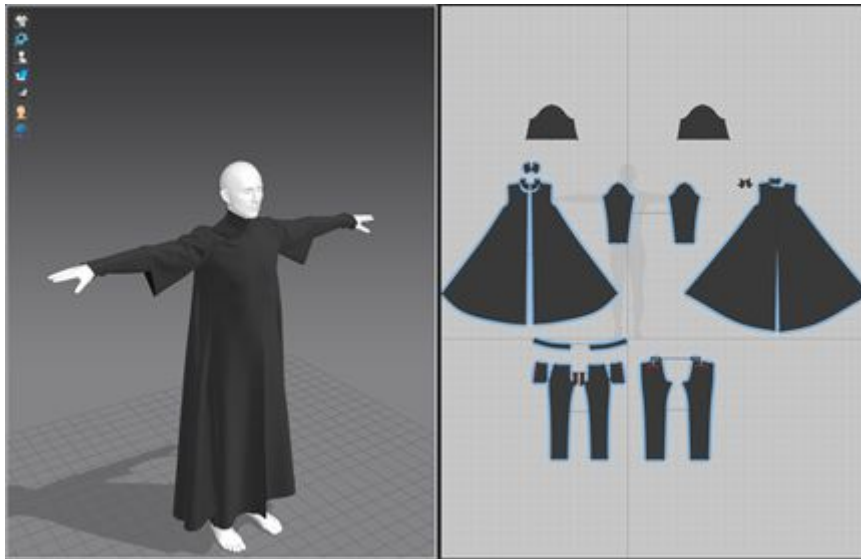


Figura 3.7: Personaje 1 con vestimenta de cura

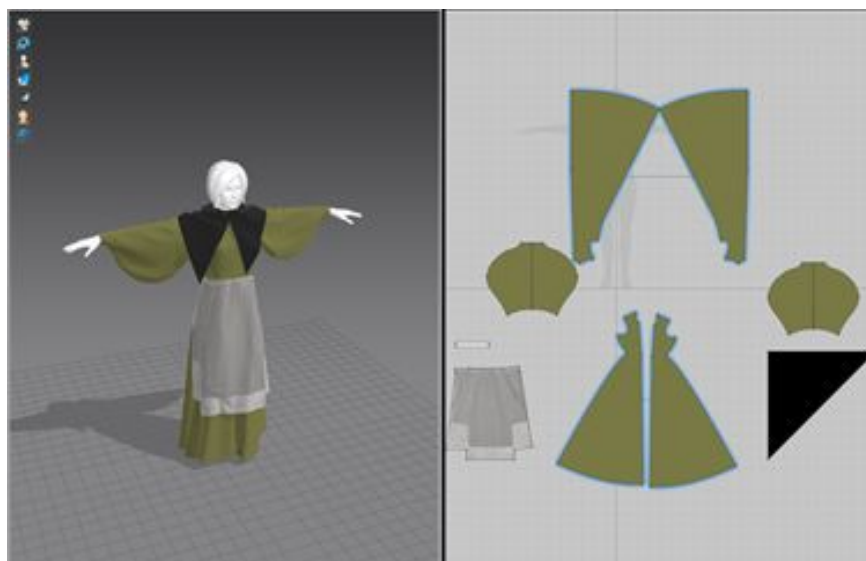


Figura 3.8: Personaje 2 con vestimenta de mujer humilde

3.6 Configuración del personaje y optimización de Mallas en Blender

La adaptación de la vestimenta al avatar requiere importar en Marvelous Designer el modelo con el rigging generado en Mixamo, para ello se ha optado por

importar los modelos en Blender ([Figura 3.9](#)) donde se lleva a cabo un proceso de preparación para que el humanoide esté en las mejores condiciones para el diseño y ajuste de la ropa. Este paso es fundamental para disponer en Marvelous Designer de un avatar en posición T ([Figura 3.10](#)).

Por otra parte, en Marvelous Designer se requiere disponer no sólo del modelo, sino que también son necesarias las animaciones que se han generado para él con objeto de generar el movimiento de la ropa según los movimientos del personaje. Esto requiere exportar el modelo en un formato que soporte la transferencia de esta información. Desde Blender podemos lograr este propósito usando el formato Alembic [\[23\]](#). Este formato abierto condensa la información de escenas animadas en un conjunto de resultados precalculados sobre la geometría. Es un proceso análogo al que se realiza con el “bakeado” del renderizado de iluminación. En la actualidad se ha convertido en formato de uso habitual para la transferencia entre equipos de desarrollo de modelos complejos animados.



Figura 3.9: Importación personaje en Blender

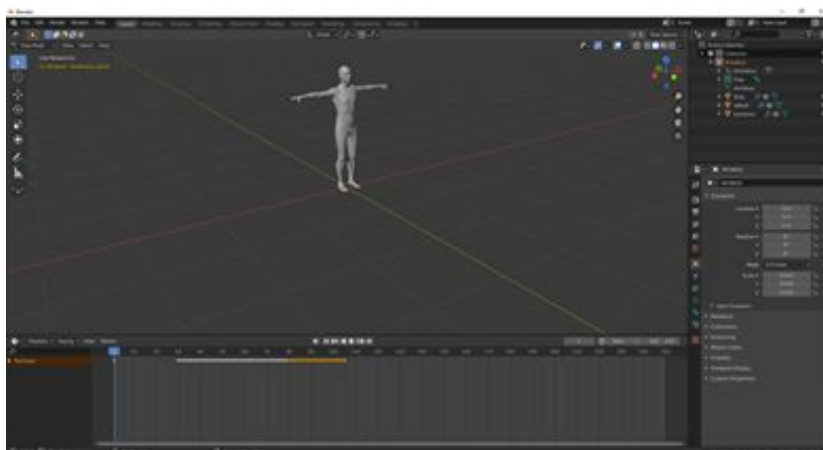


Figura 3.10: Personaje con las configuraciones ya realizadas

3.7 Trabajo en Marvelous Designer

Una vez que se dispone del modelo configurado junto con su movimiento, se exporta en formato *Alembic* para usarlo en *Marvelous Designer*, se diseña la vestimenta y se procede a simular la física de la ropa y sus movimientos. Al iniciar el TFG el flujo de trabajo que se siguió resultó ser ineficiente, ya que se diseñó la ropa eclesiástica sobre un avatar de la herramienta de modelado de ropa. Posteriormente se procedió a la generación del rigging, animación, etc. Esta forma de proceder requirió repetir la tarea en el TFG de composición de la ropa y su ajuste sobre los personajes animados a partir de los patrones que había creado la diseñadora. Como es obvio, esto hace que se duplique el trabajo, por lo que actualmente se proporcionan los personajes animados según el procedimiento aquí indicado para la tarea de diseño de nuevos personajes y sus vestimentas. En la [Figura 3.11](#), vemos el resultado en el caso de la ropa eclesiástica. Con este modelo en *Marvelous Designer* se dispone de lo necesario para grabar la animación de la vestimenta en función de la animación del avatar y de las características de los tejidos y distintos materiales que se especifiquen para cada pieza. *Marvelous Designer* cuenta con un potente motor de simulación de las físicas a las que responde el comportamiento de la ropa. Las propiedades de los tejidos son configurables, existiendo algunos tipos ya preestablecidos, es lo que se conoce como las fábricas. De esta forma podemos, por ejemplo, seleccionar lana, algodón, seda o definir nuestras propias fábricas. Parte del proceso conlleva el ajuste de los parámetros para obtener el comportamiento de los tejidos que deseemos según la estética que se quiera proporcionar al personaje.



Figura 3.11: Grabación vestimenta Personaje 1

Finalizado el proceso de creación, se dispone de un modelo del personaje animado y un modelo 3D con su vestimenta animada. Nuevamente al requerirse tanto la vestimenta como la animación para ser utilizada en la aplicación se exporta

al formato Alembic. En la [Figura 3.12](#) vemos la vestimenta que exportamos en Marvelous Designer.

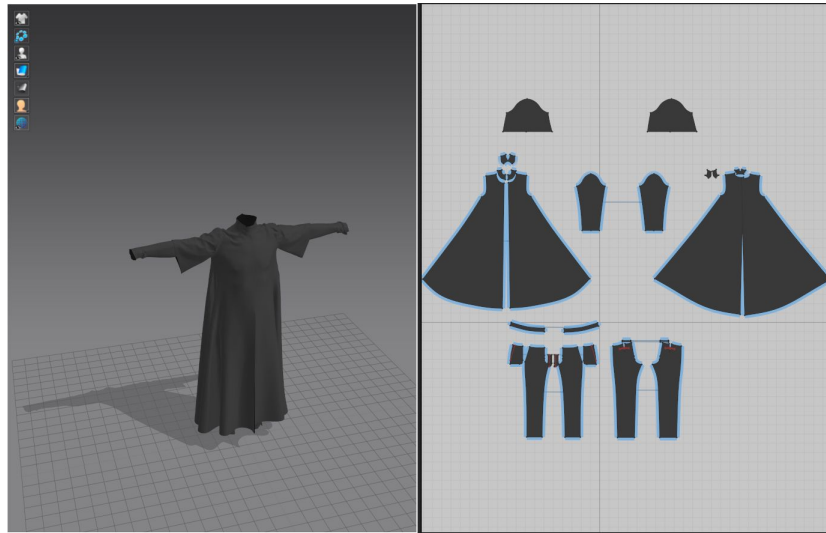


Figura 3.12: Vestimenta de cura que se exporta desde Marvelous Designer

Esta parte del trabajo finaliza con la integración en *Blender* de los modelos de vestimenta ([Figura 3.13](#)) y personaje ([Figura 3.14](#)), donde además se lleva a cabo un proceso de optimización de mallas.



Figura 3.13: Vestimenta de cura importada en Blender



Figura 3.14: Integración del Personaje 1 y la vestimenta

En el proceso de optimizar mallas, se ordenan los elementos geométricos de la malla de la vestimenta, ya que al provenir de una exportación automática pueden resultar aberraciones y se obtienen mallas muy pesadas. Habiendo realizado todo este proceso, exportamos nuestro modelo en formato *Alembic* y pasamos a la integración del personaje en Unity.

3.8 Integración en Unity

A continuación, nos vamos a centrar en el proceso de integración en *Unity* de los diferentes personajes que ya hemos modelado y configurado con sus respectivas vestimentas animadas.

Una vez dentro de *Unity*, hemos necesitado un paquete externo denominado *AlembicForUnity*. Se trata de un paquete que nos permite importar y exportar modelos en el formato *Alembic*, y poder trabajar con él, ya que por defecto no tenemos manera de usar este formato dentro de *Unity*. Una vez realizada la importación de nuestros modelos se dispone de los personajes en el escenario. Cabe destacar los dos tipos de pruebas de importación que se hizo desde dos de los programas utilizados en el desarrollo del proyecto:

- **Marvelous Designer:** la primera prueba que consistió en aprovechar el objeto exportado desde *Marvelous Designer*, pero al ejecutar la aplicación el personaje desaparecía del escenario. A pesar de la investigación realizada no se encontró ninguna vía para solucionarlo, por lo que se descartó este procedimiento.
- **Blender:** la segunda prueba consistió simplemente en exportar solo la vestimenta desde *Marvelous Designer*, realizar la integración en *Blender* del personaje con su vestimenta, y una vez realizada la integración exportar nuestro modelo. Al importar este objeto dentro de *Unity*, y realizar las mismas pruebas que en el caso anterior, fue todo muy bien, por lo que seguimos por este camino para continuar con el proyecto.

Una vez integrado el modelo en *Unity*, le asignamos diferentes componentes para trabajar con él en la aplicación, como por ejemplo el componente *Capsule Collider*, para el control de colisiones, evitando que el personaje traspase otros objetos en la escena o ser traspasado por el usuario en la modalidad de Realidad Virtual.

Por otra parte, hemos hecho uso del sistema de navegación que nos proporciona Unity, que consta de cuatro piezas:

- **NavMesh:** nos permite trazar la superficie por la que los personajes se pueden desplazar.
- **NavMesh Agent:** permite a nuestros personajes moverse por el escenario hacia su objetivo, este componente es el que hemos usado en nuestros personajes ([Figura 3.15](#))
- **Off-Mesh Link:** posibilita crear accesos directos de navegación que no se pueden representar con una superficie transitable (NavMesh). Por ejemplo, una puerta que el personaje debe abrir antes de pasar.
- **NavMesh Obstacle:** permite describir obstáculos en movimiento que los personajes deben evitar.

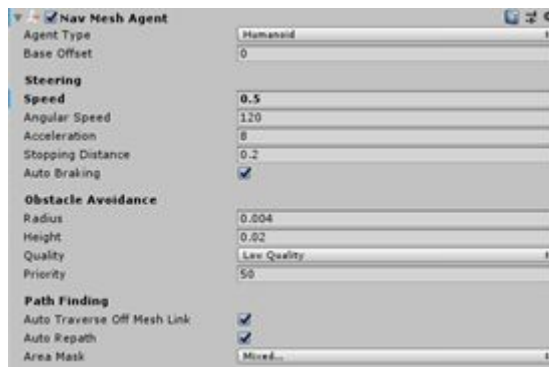


Figura 3.15: Componente Nav Mesh Agent

Para controlar el recorrido que van a realizar los diferentes personajes, hemos realizado un script que va a controlar los puntos por los que pasan ([Figura 3.16](#)), y que debe recibir el componente *Nav Mesh Agent* y los puntos que van a describir el recorrido de nuestro personaje.

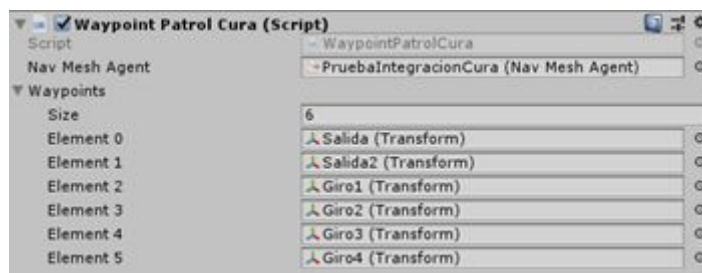


Figura 3.16: Script para controlar el camino que sigue el cura

El script simplemente va a estar pendiente en cada frame de la ubicación de nuestro personaje en la escena, y le irá asignando el siguiente destino según vaya pasando por cada uno de los puntos que conforman su recorrido.

En la [Figura 3.17](#) observamos un cuadrado con una serie de flechas, se trata de uno de los puntos por los que el cura va a pasar, y su recorrido será alrededor de la ermita que vemos en la imagen.



Figura 3.17: Punto de recorrido de uno de los personajes

3.9 Interacción con los personajes

Antes de continuar con la parte de interacción con los personajes, debemos indicar que el escenario que estamos utilizando se trata de una reconstrucción de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna a partir de los datos catastrales en formato LIDAR, realizado por el alumno Kevin Estévez Expósito en su [trabajo de Fin de Grado](#). Partiendo de este proyecto, se dispuso de una versión en Unity 2019 a la que se ha realizado una adaptación que elimina la dependencia para la interacción con los dispositivos de Samsung Gear VR.

Respecto a la interacción con los personajes, estos desempeñan el papel de guías que explican la historia más relevante del edificio con el que se asocian, al mismo tiempo que realizan un pequeño recorrido en las inmediaciones del mismo, esta función la activa el usuario al pulsar la tecla E en la versión de escritorio. Hemos tenido que hacer uso de tres scripts para realizar la parte de interacción:

- **CheckInteraction:** este script lo va a tener asignado el usuario de nuestra aplicación, va a estar pendiente de cuando el usuario se acerca a un personaje a menos de una distancia establecida, cuando esto ocurra, le pedirá que pulse algún botón para que el personaje realice la acción que tenga configurada.
- **IAction:** se trata de una interfaz que todo personaje u objeto que vaya a tener una acción que realizar, debe implementar.
- **InteractionReceiver:** este script lo tendrá el objeto, o en nuestro caso, el personaje que va a tener una acción a realizar. Cuando el usuario se acerque a nuestro personaje, se mostrará un mensaje que le indica que pulse un botón para interactuar ([Figura 3.18](#)), al pulsar dicho botón comenzará la acción del personaje.



Figura 3.18: Mensaje que se muestra al acercarte al personaje

Respecto a la acción del personaje, una vez que el usuario lo selecciona inicia su recorrido y cuenta la historia. En el caso del cura su relato es sobre la Ermita de San Miguel, y en el caso de la mujer humilde, su narración trata sobre el Ayuntamiento de La Laguna.

3.10 Problemas encontrados

A continuación se describen los problemas que se han encontrado durante el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado.

3.10.1 Formato de animación

Uno de los mayores problemas a los que nos enfrentamos durante el desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado fue seleccionar el formato de animación para las vestimentas. Básicamente nos debatimos entre dos formatos FBX y Alembic:

- **FBX:** se trata de un formato compatible con todas las aplicaciones y herramientas utilizadas durante el desarrollo del proyecto, por lo que trabajar con este formato nos resultaba bastante cómodo, debido a su compatibilidad. Realizamos diferentes pruebas en un principio con vestimentas muy sencillas, integrándolas en *Unity* y parecía que podía ser el camino a seguir. Cuando las prendas comenzaron a ser un poco más complejas, comenzamos a ver que el resultado no era tan bueno como esperábamos, porque el comportamiento de las vestimentas era similar a la de una goma elástica, en lugar de ver una prenda imitando un comportamiento normal de movimiento, se estiraba dicha prenda, por lo que debíamos buscar alguna solución. A esto se le une la imposibilidad de contar con las animaciones de los tejidos generados en *Marvelous Designer*.



Figura 3.19: Personaje en formato FBX

Podemos observar en la [Figura 3.19](#), que el resultado deja bastante que desear, ya que observamos que en el caso de la parte baja del vestido, no es un movimiento natural, parece que simplemente se estira. Por lo que no podíamos quedarnos con esta opción y probamos otras posibilidades que nos pudieran servir para nuestra aplicación.

- **Alembic:** se trata de un formato que, aunque no sea tan compatible como en el caso del formato *FBX*, si es cierto que el resultado que nos ofrece es mucho más realista. Para poder realizar la integración de este formato en *Unity*, tuvimos que utilizar un paquete externo que nos permitía poder usarlo la aplicación. La [Figura 3.20](#) muestra el resultado de usar este formato, como podremos observar, el resultado es mucho mejor con el logrado con el formato *FBX*.



Figura 3.20: Personaje en formato Alembic

3.10.2 Formato de aplicación

Otro de los problemas que nos surgió durante el desarrollo del proyecto fue el tipo de aplicación que íbamos a realizar, a qué tipo de dispositivos iba a ir dirigida finalmente:

- **Realidad Virtual:** era la primera opción, pero debido a la declaración del estado de alarma, nos quedamos sin la posibilidad de contar con dispositivos que permitieran el desarrollo completo para dispositivos compatibles con este tipo de tecnología.
- **WebGL y Android:** se crearon sendas aplicaciones para estas plataformas, ya que gracias a *Unity* podíamos realizar los cambios necesarios sin demasiados problemas. Sin embargo, una vez generada la aplicación, al realizar diferentes pruebas, veíamos que los personajes que estaban integrados, y que no tenían ya ningún problema en el Editor de Unity, no aparecían en ningunos de los dispositivos donde probamos. Tras indagar por qué sucedía esto, vimos que el formato *Alembic* de momento no es compatible con dispositivos *Android*, tampoco con los tipos de aplicación *WebGL*.
- **Escritorio:** finalmente se generó una aplicación de Escritorio, ya que es la opción totalmente compatible con el formato *Alembic*.

3.10.3 Modelar vestimenta

Otro de los problemas a destacar es la dificultad de modelar las vestimentas. Para llevar a cabo este modelado, utilizamos dos herramientas diferentes:

- **Autodesk 3d Studio:** se realizaron diferentes pruebas con creaciones de vestimentas sencillas, camisa y pantalón, se realizó un proceso de skinning para probar como podría quedar en Unity, pero el resultado no fue lo suficientemente bueno, por lo que debíamos buscar otras opciones.
- **Marvelous Designer:** realizamos unas primeras pruebas sencillas, como en el caso anterior, con la licencia gratuita, y ya notamos que el resultado era mucho mejor. Por lo que se contó con una licencia del Proyecto de Investigación para continuar trabajando y modelar las diferentes vestimentas con este software.

Capítulo 4

Conclusiones y líneas futuras

4.1 Conclusiones

En el transcurso del trabajo se ha llegado a una serie de conclusiones relacionadas con los objetivos que se habían planteado inicialmente y que se enumeran a continuación:

La tarea de análisis desarrollada en la fase inicial ha servido para determinar las herramientas y el flujo de trabajo adecuado para la creación de personajes para una aplicación de Realidad Virtual. Esto ha marcado un punto de partida para que el equipo del Proyecto de Investigación haya desarrollado el proceso de modelado de personajes con las vestimentas al uso en la moda española del s. XVI. Se ha podido contar con dos de estos modelos para el resto del desarrollo de este Trabajo de Fin Grado: un alto cargo eclesiástico y una mujer humilde.

Otra de las cuestiones abordadas en el proyecto ha sido la integración de los modelos en el entorno de desarrollo que se utiliza. Esta parte del trabajo ha permitido también establecer las tareas y el flujo de trabajo que se debe seguir para disponer de modelos realistas de personajes animados 3D con sus vestimentas en una aplicación desarrollada en Unity 2019.

Finalmente, se ha desarrollado un prototipo con estos dos personajes desplazándose en el escenario que se nos facilitó, con los que se puede interactuar para conocer información sobre alguno de los edificios. En la versión actual, se puede escuchar información sobre la Ermita de San Miguel y el Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna. Para crear una mayor sensación de interacción, se ha dado movimiento a los modelos, por lo cual, cuando el usuario interactúe con cualquiera de los personajes, comenzará a hablar sobre uno de los edificios que se encuentran en la aplicación y, además, podrá acompañarlo en un paseo virtual alrededor de dicho edificio.

Se han integrado en Unity los personajes y se ha realizado el desarrollo de diferentes scripts en C# para controlar la interacción y el comportamiento de los personajes que están inmersos en la aplicación.

Por último, se ha obtenido una versión de escritorio de la aplicación donde podemos ver y probar el resultado del proyecto.

4.2 Líneas futuras

En este apartado, expondremos posibles mejoras o ampliaciones del proyecto para añadirle funcionalidades y potenciar más la aplicación. En mi opinión hay varias cuestiones que serían de interés abordar:

- Realizar los cambios necesarios para poder obtener la versión de Realidad Virtual que se marcó como objetivo y que por las circunstancias se tuvo que abandonar, de forma que se pueda ejecutar con un dispositivo como las Samsung Gear, que era la idea inicial de este proyecto. Por supuesto, también se abre la posibilidad de adaptarla a otro tipo de dispositivos.
- Experimentar con herramientas para manejar los modelos en la aplicación que mejoren el rendimiento y faciliten el uso de las animaciones basadas en simulaciones físicas. En este sentido se determinaron varios paquetes Unity, basados en animación por vértice que se pueden valorar. Sin embargo, esta tarea quedaba fuera del alcance del trabajo, si bien se considera que se debería probar su utilidad para la puesta en producción de desarrollos similares.
- Añadir al proyecto la inserción de más personajes, niños o ancianos, por ejemplo, para que el usuario tenga acceso a más información sobre San Cristóbal de La Laguna, y sea más entretenida la experiencia de uso de la aplicación.
- Mejorar la interacción con los personajes, por medio de preguntas, sobre la visita al edificio del que habla dicho personaje, u ofreciendo varias posibilidades de qué desea hacer el usuario.

Capítulo 5

Conclusions and Future Lines

5.1 Conclusions

In the course of this work, a series of conclusions have been reached related to the objectives that had been initially set and are listed below:

The analysis task developed in the initial phase has served to determine the tools and the appropriate workflow for creating characters for a Virtual Reality application. This has marked a starting point for the Research Project team to have developed the character modeling process with the clothing used in Spanish fashion in the 16th century. Two of these models have been available for the rest of the development of this Final Degree Project: a high ecclesiastical office and a humble woman.

Another of the issues addressed in the project has been the integration of the models in the development environment that is used. This part of the work has also allowed us to establish the tasks and the workflow that must be followed to have realistic models of 3D animated characters with their clothes in an application developed in Unity 2019.

Finally, a prototype has been developed with these two characters scrolling on the stage that was provided to us, with which you can interact to obtain information about any of the buildings in the current version, you can listen to information about the Hermitage of San Miguel and the City of San Cristóbal de La Laguna. To create a greater sense of interaction, movement was given to the models. Therefore, when the user interacts with any of the characters, he will begin to talk about one of the buildings found in the application and, in addition, he will be able to accompany him on a virtual walk around said building.

Characters have been integrated into Unity and different scripts have been developed in C # to control the interaction and behavior of the characters that are immersed in the application.

Finally, a desktop version of the application has been obtained where we can see and test the result of the project.

5.2 Future Lines

In this section, we will present possible improvements or extensions of the project to add functionalities and further enhance the application. In my opinion there are two issues that would be of interest to approach:

- Make the necessary changes to obtain the version of Virtual Reality that was set as an objective and that circumstances had to be abandoned, so that it can be run with a device like the Samsung Gear, which was the initial idea of this project. Of course, it also opens up the possibility of adapting it to other types of devices.
- Experiment with tools to manage models in the application that improve performance and facilitate the use of animations based on physical simulations. In this sense there are several Unity packages, based on vertex animation that can be evaluated. However, this task was outside the scope of the work, although it is considered that it is useful for putting similar developments into production.
- Add to the project the insertion of more characters, children or elderly, for example, so that the user has access to more information about San Cristóbal de La Laguna, so that the experience of using the application is more entertaining.
- Improve the interaction with characters, through questions about the visit to the building , or offering various possibilities to the user.

Capítulo 6

Presupuesto

Para realizar el presupuesto, hemos tenido en cuenta el coste que hemos tenido en software y el sueldo por hora de un programador junior, que está entre los 20 y 25 € por hora, para nuestro caso, vamos a poner 20€ por hora.

CONCEPTO	NÚMERO DE HORAS	PRECIO
ORDENADOR SOBREMESA	N/A	329€
MARVELOUS DESIGNER	N/A	133€
ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN	60 horas	1200€
DISEÑO Y MODELADO	90 horas	1800€
DESARROLLO	80 horas	1600€
EVALUACIÓN Y PRUEBAS	20 horas	400€
DOCUMENTACIÓN	20 horas	400€
TOTAL	270 horas	5862€

Tabla 6.1: Presupuesto

6.1 Justificación del presupuesto

Presentamos la justificación del presupuesto mostrado en la [Tabla 6.1](#), que se corresponde con las horas de trabajo el coste del equipo usado en el desarrollo del proyecto y el coste del software utilizado:

- El desarrollo del proyecto se ha realizado con un ordenador de sobremesa potente, sobre todo en procesador y en tarjeta gráfica, ya que para los tipos de programa que utilizamos es un requerimiento para poder trabajar correctamente. Para el cálculo del ordenador de sobremesa, nos basamos en su valor de 700€ y calculamos la amortización correspondiente a un año, el beneficio industrial y el IGIC en nuestro caso, de lo que obtenemos los 329€ que vemos en la tabla.
- Casi todo el software utilizado ha sido de licencia gratuita, pero en el caso de *Marvelous Designer*, tras un periodo de prueba era necesario el pago de su licencia. Después de realizar pruebas y finalizar el periodo de prueba, vimos que el resultado con este software era muy bueno y era necesaria la inversión para continuar con el proyecto.
- El resto del presupuesto se basa en las horas de trabajo del proyecto, y en el sueldo por hora de un programador junior, que es de 20€ la hora.

Con lo anterior, llegamos a la cantidad de 5862€ que es la suma de todos los costes del desarrollo realizado.

Capítulo 7

Bibliografía

[1] Gartner identifica las 10 principales tendencias tecnológicas estratégicas para 2020. Recuperado de

<https://smart-lighting.es/gartner-10-principales-tendencias-tecnologicas-estrategicas-2020/>

[2] La realidad virtual, una industria por explotar. Recuperado de

<https://www.computerworld.es/tecnologia/la-realidad-virtual-una-industria-por-explotar>

[3] Visitas virtuales al museo. Recuperado de

<https://www.museothyssen.org/thyssenmultimedia/visitas-virtuales>

[4] Open Heritage - Google Arts & Culture. Recuperado de

<https://artsandculture.google.com/project/openheritage>

[5] Recorrido virtual. Recuperado de

<https://www.culturaydeporte.gob.es/mnaltamira/cueva-altamira/recorrido-virtual.html>

[6] Malla poligonal. Recuperado de

https://es.wikipedia.org/wiki/Malla_poligonal

[7] 'Male Head Bases' Low, Mid n High Poly by LBG44.deviantart.com on @deviantART (con imágenes) | Modelado de personajes, Modelado 3d, Modelos. Recuperado de

<https://www.pinterest.es/pin/485333297317469307/>

- [8] **Animation Project – Unity/Blender.** Recuperado de <https://jakemulvany1portfolio.wordpress.com/about/>
- [9] **Unity - Manual: Utilizando Personajes Humanoides.** Recuperado de <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/UsingHumanoidChars.html>
- [10] **Crear modelos y personajes 3D | Descargar Adobe Fuse (Beta).** Recuperado de <https://www.adobe.com/es/products/fuse.html>
- [11] **www.makehumancommunity.org.** Recuperado de <http://www.makehumancommunity.org/>
- [12] **Mixamo.** Recuperado de <https://www.mixamo.com/#/>
- [13] **blender.org - Home of the Blender project - Free and Open 3D Creation Software.** Recuperado de <https://www.blender.org/>
- [14] **Autodesk | 3D Design, Engineering & Construction Software.** Recuperado de <https://www.autodesk.com/>
- [15] **Marvelous Designer.** Recuperado de <https://www.marvelousdesigner.com/>
- [16] **Unity - Unity.** Recuperado de <https://unity.com/>
- [17] **Introducción al lenguaje C# y .NET Framework.** Recuperado de <https://docs.microsoft.com/es-es/dotnet/csharp/getting-started/introduction-to-the-csharp-language-and-the-net-framework>
- [18] **Unity 2017.X**
Domínguez Díaz, Adrián., Navarro Pulido, Fernando. and Castro González, Javier Manuel.
2017. Paracuellos de Jarama, Madrid: Ra-Ma.

[19] John Lemon's Haunted Jaunt: 3D Beginner - Unity Learn

<https://learn.unity.com/project/john-lemon-s-haunted-jaunt-3d-beginner>

[20] El traje y los tipos sociales en El Quijote

Bernis, Carmen.

2001. Madrid: El Viso.

[21] Geometria y traça perteneciente al oficio de sastres

Rocha Burguen, Francisco. and Mey, Pedro Patricio.

1618.: acosta del mismo autor.

[22] OBJ Extensión de archivo - ¿Qué es .obj y cómo abrir? - ReviverSoft

<https://www.reviversoft.com/es/file-extensions/obj>

[23] Alembic (computer graphics). Recuperado de

[https://en.wikipedia.org/wiki/Alembic_\(computer_graphics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Alembic_(computer_graphics))