

Trabajo Fin de Grado

Modelado y animación de personajes
virtuales emocionales para lograr una
comunicación realista con los usuarios

Autor

Alfonso Lample Yubero

Directora

Sandra Baldassarri

Escuela de Ingeniería y Arquitectura EINA – Universidad de Zaragoza
Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Año 2017

Modelado y animación de personajes virtuales emocionales para lograr una comunicación realista con los usuarios

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado se ha realizado en el Departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas (ISS) y el Grupo de Informática Gráfica Avanzada GIGA Affective Lab de la Universidad de Zaragoza. El trabajo se centra en el estudio, modelado y animación de personajes virtuales capaces de mostrar emociones que reflejen su parecido al de un ser humano. Se busca obtener unos modelos realistas, realizables y eficaces que puedan mantener una interacción cara a cara con los usuarios de forma natural.

Para la consecución de este objetivo se comenzó con la búsqueda de información sobre la teoría y las aplicaciones de los personajes virtuales, con el fin de aprender en profundidad los métodos de desarrollo relacionados con el modelado y animación 3D, así como los programas y aplicaciones empleados para modelar y animar dichos personajes. Con esta investigación, se estableció así el proceso de desarrollo entre los diversos programas y las interacciones entre ellos para conseguir el objetivo.

Después, se definieron la apariencia y morfología de los personajes virtuales en base a su uso como pacientes virtuales, por lo que se decidió desarrollar una mujer y un hombre de edad avanzada, con rasgos y vestimentas normales que no destacaran mucho del conjunto para conseguir un primer impacto visual lo más neutral posible.

Para lograr una comunicación realista la animación del personaje debe reflejar las diversas emociones, gestos y estados de ánimo que configuran el comportamiento del ser humano. Para ello, se tomó como referencia diversos estudios sobre dichas características recomendados por la directora del proyecto y la compañera Yanet Sánchez, cuyo trabajo de investigación estaba relacionado a este mismo tema.

Con toda esta información se inició la fase de desarrollo, donde se modelaron ambos personajes con sus rasgos y vestimentas definidos para luego generar todas las animaciones definidas en la fase de diseño, que comprenden desde las emociones básicas o los estados de ánimo hasta los movimientos naturales del cuerpo como pueden ser el parpadeo, la respiración o el movimiento locomotor del cuerpo.

Finalmente, se exporta todo el contenido al motor gráfico **Unity**, la herramienta escogida para preparar los personajes virtuales con el objetivo de poder ser usados en distintas aplicaciones que hagan uso de estos modelos en comunicaciones cara a cara con usuarios, como tutores, presentadores o pacientes virtuales en ámbitos de medicina, psicología, etc.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 CONTEXTO Y MOTIVACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS.....	2
1.3 METODOLOGÍA	2
2. FASE ANALÍTICA	4
2.1 PERSONAJES VIRTUALES	4
2.1.1 Modelo	4
2.1.2 Malla	5
2.1.3 Texturas.....	6
2.2 ANIMACIÓN 3D	7
2.2.1 Esqueleto virtual	8
2.2.2 Skinning.....	8
2.2.3 Rigging.....	9
2.4 HERRAMIENTAS DE MODELADO Y ANIMACIÓN	9
2.4.1 Generación de personaje	9
2.4.2 Retoque del modelo.....	10
2.4.3 Retoque de texturas.....	11
2.4.4 Animación del modelo	11
2.4.5 Implementar en motor gráfico	12
2.5 ANÁLISIS DE LA COMUNICACIÓN VERBAL Y NO VERBAL DEL SER HUMANO	12
2.5.1 Comunicación verbal.....	12
2.5.2 Comunicación no verbal.....	13
2.6 CONCLUSIONES FASE ANALÍTICA	15
3. FASE DE DISEÑO	17
3.1 DEFINICIÓN DEL PERSONAJE.....	17
3.2 ANIMACIONES A DESARROLLAR	18
3.2.1 Movimientos naturales	18
3.2.2 Emociones básicas	18
3.2.3 Estados de ánimo.....	22
3.2.4 Patrones de comunicación.....	23
3.2.5 Visemas	23
3.3 CONCLUSIONES FASE DE DISEÑO	24
4. FASE DE DESARROLLO	25
4.1 CREACIÓN DEL MODELO	25

4.1.1 Generación del modelo.....	25
4.1.2 Generación de huesos.....	27
4.1.3 Exportación del modelo	27
4.2 MEJORADO DE TEXTURAS.....	28
4.2.1 Uso de texturas realistas.....	28
4.2.2 Combinación de la textura generada con la original	30
4.3 ANIMACIONES CORPORALES	31
4.3.1 Generación de las animaciones	31
4.3.2 Animaciones generadas en Mixamo	32
4.4 ANIMACIÓN FACIAL	32
4.4.1 Importación y visualización de materiales.....	32
4.4.2 Animación	33
4.5 IMPLEMENTACIÓN EN EL MOTOR GRÁFICO.....	43
4.5.1 Configuración del personaje	43
4.5.2 Configuración de animaciones.....	44
5. RESULTADOS FINALES	47
6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	49
7. BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXO A - Estudio de personajes, aplicaciones y herramientas del modelado y animación 3D52	
A.1 Análisis de los modelos actuales	52
A.1.1 Universidad de Zaragoza	52
A.1.2 Internet	54
A.2 Aplicaciones que usan personajes virtuales	55
A.2.1 Entrenamiento militar	56
A.2.2 Educación científica	59
A.2.3 Medicina	59
A.2.4 Programación y utilidades	60
A.2.5 Salud y bienestar	61
A.3 Herramientas analizadas	62
A.3.1 Generación de personajes.....	62
A.3.2 Modelado y animación	66
A.3.3 Generación de animaciones	69
A.3.4 Retoque del modelo	70
A.3.5 Motor gráfico - Unity	71
A.4 Métodos para animar personajes virtuales.....	72
A.4.1 Animación esquelética	72

A.4.2 Morphing	73
A.4.2 Captura de movimiento	73
ANEXO B - Problemas y soluciones en el desarrollo del modelo	74
B.1 PROBLEMA 1 - Generación de huesos faciales	74
SOLUCIÓN 1 - Generación de huesos faciales.....	76
B.2 PROBLEMA 2 - Uso de los dos sistemas de huesos	76
SOLUCIÓN 2 - Combinación de los sistemas de huesos.....	77
B.3 PROBLEMA 3 - Arreglo de posibles errores en malla.....	81
SOLUCIÓN 3 - Arreglo de errores en malla 3D.....	82
ANEXO C - Manual de usuario.....	83
C.1 GENERACIÓN DEL MODELO	83
C.2 ANIMACIÓN CORPORAL.....	90
C.3 PREPARACIÓN DEL MODELO EN 3DS MAX	92
C.4 RETOQUE DE TEXTURAS Y DE MALLA	95
C.5 ANIMACIÓN FACIAL	102
C.6 IMPLEMENTACIÓN EN UNITY	110
ANEXO D - Listado de animaciones desarrolladas	117
D.1 ANIMACIONES REALIZADAS CON MIXAMO.....	117
D.2 LISTADO DE ANIMACIONES Y DESCRIPCIÓN.....	118

1. INTRODUCCIÓN

1.1 CONTEXTO Y MOTIVACIÓN

Hoy en día, gran parte de la investigación en interfaces sociales se centra en la utilización de humanos virtuales, o agentes corpóreos conversacionales, como mecanismos de interacción entre las personas y el ordenador, para la manipulación y ejecución de aplicaciones. Estos agentes sirven como una capa intermedia ofreciendo una aplicación más amigable y humanizada al usuario.

Sus usos y aplicaciones son muy variados: desde asistentes o tutores virtuales programados para resolver dudas a los usuarios hasta pacientes virtuales con los que el usuario interactúa para conocer el estado general del personaje y actuar según las acciones que muestre el actor.

La consecución de este trabajo nació del deseo de desarrollar y usar personajes virtuales en una aplicación informática, un área en la que se centraba el grupo de investigación GIGA Affective Lab con el fin de lograr una comunicación realista gracias al realismo de un personaje virtual y obtener así una base sobre la que trabajar en distintas aplicaciones, como el uso de pacientes virtuales.

El grupo GIGA Affective Lab lleva años trabajando con personajes virtuales. Los modelos de los que disponía el grupo GIGA poseen algunas expresiones faciales y movimientos del cuerpo, pero no representaban una comunicación basada en la combinación de gestos, expresiones emocionales y reflejos del estado anímico, aspectos clave en una comunicación natural y realista que brinde una interacción cara a cara entre modelos y usuarios.

Los personajes virtuales que se busca desarrollar poseen una serie de animaciones y movimientos realizados mediante animación esquelética corporal y facial que en conjunto reflejen las emociones de un ser humano. Este tipo de animación permite deformar determinadas zonas del modelo y grabar estos cambios en una secuencia totalmente definida, acotada y combinable con otra serie de animaciones para plasmar diversos estados emocionales de un personaje.

Para que un usuario pueda interactuar con los personajes, estos deben implementarse en un motor gráfico como **Unity**, herramienta que permite configurar una escena virtual y programar las acciones que toma el modelo en cada momento, en base a todas las animaciones desarrolladas y de acuerdo a las opciones que se decidan aportar al actor para su interacción.

1.2 OBJETIVOS

En este apartado se listarán los requerimientos para alcanzar los objetivos del proyecto, y así delimitar el desarrollo del trabajo. El objetivo principal de este trabajo es modelar y animar personajes virtuales emocionales capaces de establecer una comunicación realista con el usuario y prepararlos para que puedan ser usados en **Unity**.

Para alcanzar dicho objetivo, lograr una comunicación realista debe ser primordial. Para que un personaje 3D sea creíble, debe ser capaz de moverse y comunicarse adecuadamente, teniendo en cuenta que la comunicación humana se basa en el discurso, en las expresiones faciales, la postura corporal, los gestos, la personalidad, etc. Además, deberá tener una forma y aspecto normal en cuanto a características fisiológicas, ya que se busca implementar un modelo apto para todos los públicos.

Para lograrlo, se deberán desarrollar unos modelos con las siguientes características:

- Morfología humana detallada
- Sistema de locomoción completo y eficaz (esqueleto virtual)
- Texturas realistas y detalladas
- Animaciones que consigan reflejar la comunicación deseada mediante:
 - Expresiones faciales
 - Movimientos y posturas corporales
 - Gestos
 - Animaciones naturales como la respiración, el parpadeo, etc.
 - Visemas o representación visual del habla

Así se obtendrá una biblioteca inicial de animaciones que podrán mezclarse y reflejar los diversos aspectos emocionales de un ser humano.

Otro objetivo es que los personajes y sus animaciones deben ser ejecutados en **Unity**. Para ello, los modelos y los archivos generados deben prepararse para ser compatibles desde su concepción, de acuerdo a los distintos formatos de importación de las múltiples herramientas usadas.

1.3 METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos del proyecto hay que seguir una metodología estructurada. Se divide el trabajo en cinco fases, con el fin de definir unos hitos y facilitar la elaboración del flujo trabajo. Esta organización se corresponde con la estructura del documento y se cita a continuación.

FASE ANALÍTICA

Tras una primera fase de introducción, se elabora una fase analítica donde se estudian los distintos ámbitos relacionados con el modelado y la animación 3D, como los conceptos básicos, los distintos métodos de desarrollo y sus resultados. Después se estudian las herramientas con las que crear dicho modelo, desde su malla poligonal hasta el desarrollo de animaciones.

Paralelamente se estudian los distintos conceptos que entrañan los aspectos emocionales y comunicativos de las personas: la comunicación verbal a través del habla y la no verbal, moviendo las distintas partes del cuerpo como reacción a diversos eventos.

FASE DE DISEÑO

La tercera fase contempla la definición de los rasgos que acompañan a los personajes, como la edad, la vestimenta, la altura o la morfología, con la premisa de que deben tener componentes como la corpulencia o la apariencia normales, que no destaquen en exceso. Además, se definen las diferentes animaciones que tomará el modelo virtual de acuerdo a los estudios citados anteriormente y que dotan al conjunto de unos requerimientos mínimos para mostrar un amplio abanico de expresiones humanas.

FASE DE DESARROLLO

Ya en la cuarta fase, se desarrollan los modelos con las herramientas estudiadas y en base a las decisiones tomadas en la fase de diseño, explicando los pasos seguidos en cada una de ellas. Debido al elevado número de programas y herramientas dentro de estos, en esta fase se sigue un ciclo de desarrollo de estudio, ensayo y error con el que se consigue generar un flujo de trabajo simple y eficaz que permita la creación de personajes virtuales emocionales, con el objetivo de que otras personas puedan hacer uso de esta información y ampliar el elenco de aplicaciones de este tipo de modelos.

RESULTADOS FINALES

La quinta y última fase está orientada a mostrar los resultados finales logrados en este proyecto: características de los personajes, animaciones desarrolladas, renders, etc.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE FUTURO DISEÑO

En este apartado se explicarán unas conclusiones extraídas del trabajo realizado y se mencionará algunas líneas de trabajo orientadas a un trabajo futuro.

ANEXOS

Tras la memoria principal, se adjuntan cuatro anexos:

- El Anexo A amplía el estudio de la teoría del modelado y animación 3D y los personajes virtuales.
- El Anexo B trata sobre los problemas encontrados en el desarrollo del proyecto y como se han solventado.
- El Anexo C, que propone un manual de usuario que trata todos los pasos seguidos para obtener el personaje virtual emocional basado en el personaje femenino.
- El Anexo D muestra el listado de todas las animaciones desarrolladas junto con la descripción de los movimientos que ejecutan.

2. FASE ANALÍTICA

En esta fase se estudian los diversos campos que tratan sobre el modelado y animación 3D, desde el teórico con los conceptos y mecánica básica hasta las herramientas usadas para desarrollarlos. Comprende también estudios relacionados con la comunicación verbal y no verbal del ser humano con el fin de conocer las animaciones que necesitarán los modelos para lograr una comunicación realista. Se comienza con el concepto de personajes virtuales.

2.1 PERSONAJES VIRTUALES

Un personaje virtual es un modelo generado por ordenador, que gracias a la animación posee diferentes parámetros configurables que le dotan de una serie de expresiones y movimientos reconocibles para el usuario y así reconocer aspectos como el estado anímico o afecciones del personaje.

Está caracterizado por cuatro aspectos esenciales: la malla que le da forma, las texturas que le dan una apariencia, el esqueleto que lo dota de la capacidad de moverse y la animación que es el movimiento del esqueleto grabado en una secuencia de tiempo. La Figura 1 muestra algunos ejemplos de personajes virtuales con diversas morfologías, prendas de ropa y posiciones.



Figura 1 - Personajes virtuales

2.1.1 Modelo

Los modelos de personajes virtuales son representaciones matemáticas de superficies tridimensionales semejantes a un ser humano, generadas a través de un software especializado. El producto se llama un modelo 3D de personaje virtual.

El Grupo de Informática Gráfica Avanzada GIGA Affective Lab de la Universidad de Zaragoza dispone de tres modelos de personajes virtuales ya modelados con un sistema de huesos incluido, pero se ha decidido crear personajes desde cero para el trabajo de este proyecto debido a que los existentes no se adecuaban a los objetivos de este proyecto como se explica en el Anexo A.1.1 Análisis de los modelos actuales.

En este trabajo se hace uso del modelado poligonal, ya que permite una visualización y manipulación de resultados más directa y sencilla, siendo uno de los métodos más usados en los programas de creación de modelos 3D [1].

Para poder visualizar estas representaciones matemáticas en un espacio gráfico se usa la malla poligonal, que definirá la representación visual del modelo en la herramienta usada.

2.1.2 Malla

Una malla es una superficie creada mediante un método tridimensional generado por sistemas de vértices posicionados en un espacio virtual con datos de coordenadas propios. Las uniones entre estos vértices forman caras o triángulos en el espacio, y la unión de estos forman polígonos (ver Figura 2), que agrupados de la manera correcta pueden formar figuras como la de un ser humano [2].

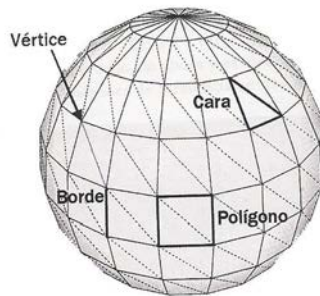


Figura 2 - Componentes de la malla

Este conjunto de polígonos debe contar con una buena topología de la malla, que es la estructura que toman los polígonos para formar el modelo de acuerdo a los rasgos del tipo de modelo que se quiere realizar.

En el caso de un personaje humano virtual, esta relación deberá seguir de forma cíclica la disposición de los músculos del ser humano, como se puede observar en la Figura 3, en la cual se han dividido algunas zonas de la cara de un modelo humano 3D por colores, para ver la relación de tamaño y disposición existente entre ellos, atendiendo a sus similitudes con los distintos grupos de músculos de la cara de un ser humano.

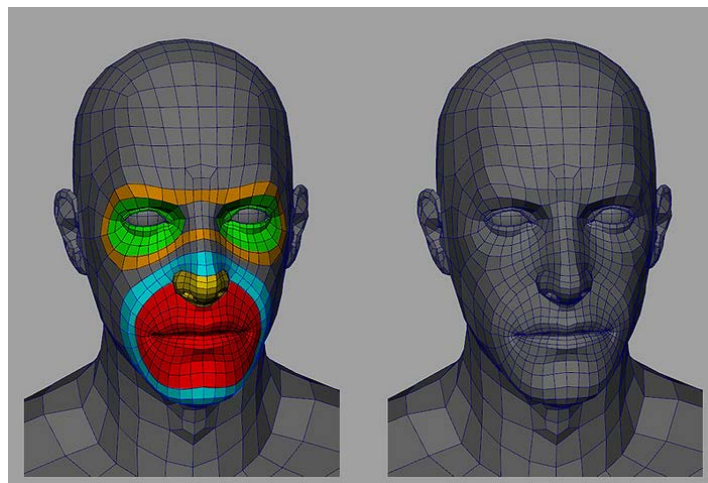


Figura 3 - Topología busto 3D

Esta forma de disponer los polígonos ayuda a evitar los errores de colisión entre vértices cuando se anima el conjunto, donde pueden aparecer distorsiones o errores en la visualización del modelo.

2.1.3 Texturas

Una textura es un mapa de imagen 2D con elementos denominados "*texels*" que se asimilan a un conjunto contiguo de elementos (*pixels*) con alguna propiedad tonal o regional. En el modelado 3D, las texturas se aplican a la malla para representar los píxeles en cada uno de sus polígonos. En la Figura 4 se puede ver la textura de la piel de un personaje virtual [3].



Figura 4 - Ejemplo textura cuerpo humano - *MakeHuman*

Esta serie de texturas se aplican al modelo gracias al método del mapeado. Este método establece cómo se sitúa la textura sobre el objeto al momento de proyectarse. Existen dos tipos de mapeado de texturas en objetos 3D: el mapeado UVW y el mapeado normal, los cuales se explican a continuación.

Mapeado UVW

Este proceso posiciona las coordenadas de los polígonos de los modelos 3D en una dimensión 2D, con el objetivo de proyectar un mapa de textura o imagen en un objeto 3D. Las letras "U", "V" y "W" indican los ejes de la textura 2D ya que "X", "Y" y "Z" ya se usan para indicar los ejes del objeto 3D en el espacio del modelo. En la Figura 5 se puede ver en la parte izquierda un modelo con múltiples mallas diferenciadas por colores (verde para la piel, rojo para la ropa y azul para los complementos) y en la parte derecha, los mapas UVW generados para cada una de esas mallas.

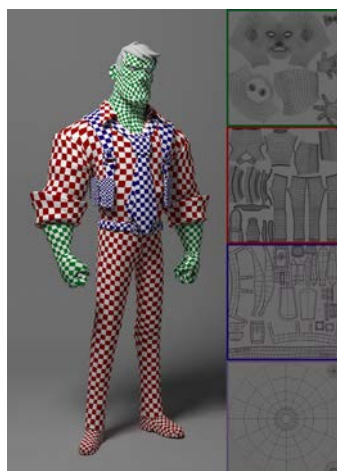


Figura 5 - Modelo con diversos UVW Maps

Si se quiere obtener un modelo muy realista, se necesita contar con un elevado número de polígonos que lleguen a representar cada pequeño detalle que pueden conformar partes del personaje, lo que puede perjudicar el rendimiento de la aplicación. Para solventar esto, se suele utilizar el mapeado normal, que agrega el eje de la profundidad a la hora de plasmar píxeles.

Mapeado normal

El mapeado normal es la aplicación de una técnica 3D que permite dar una iluminación y relieve mucho más detallada a la superficie de un objeto texturizado. Esto se puede observar en la Figura 6, que muestra las diferencias de un modelo sin mapeado normal respecto a otro que sí lo tiene, con el mismo número de polígonos.



Figura 6 - Modelo sin y con mapeado normal y mismo número de polígonos

2.2 ANIMACIÓN 3D

Una vez desarrollado el modelo, se le puede dotar de movimiento. Una animación, es la ejecución de movimiento por parte del modelo desde un punto inicial a uno final, en el que se guardan todas las relaciones de posición, rotación o escala que puede llevar a cabo un modelo en este intervalo de tiempo.

Es un clip o grabación de una secuencia de movimiento que realiza el modelo en una franja de tiempo, dividida en *frames* o imágenes de la secuencia. Se puede configurar la cantidad de estos en cada segundo, siendo las más comunes 30 o 60 *frames* por segundo (FPS). Cuantos más tenga, más natural será la transición de la animación.

Esto no quiere decir que haya que configurar la animación en cada segmento. Usualmente se realizan los cambios en el modelo en puntos estratégicos del tiempo, denominados *keyframes* y la computadora se encarga de realizar la transición entre estos puntos, interpolando las posiciones de los cuadros clave para generar una secuencia natural (en la Figura 7 se puede ver de color marrón las posiciones que ha definido el usuario, mientras que en azul se representan las interpolaciones que ha generado la maquina en relación a los ya definidos). Este proceso es llamado *keyframing* [4].



Figura 7 - Keyframing

2.2.1 Esqueleto virtual

Un esqueleto virtual determina una representación simplificada de la anatomía de un personaje, que en el caso de los personajes virtuales está totalmente inspirado en el esqueleto de un ser humano [5]. Está formado por objetos virtuales situados en el “interior” del modelo, denominados huesos, y pueden organizarse jerárquicamente para que el movimiento de uno pueda afectar a uno o varios huesos que estén relacionados con este. Se suele situar el hueso de las caderas como hueso principal que mueve a todo el conjunto, y el resto se encarga de mover las cadenas consiguientes, pero no el anterior a él (ver esquema ejemplo en Figura 8).



Figura 8 - Esquema de jerarquías de un esqueleto virtual

2.2.2 Skinning

El proceso por el cual se asignan los huesos del esqueleto a los polígonos de una malla se denomina *skinning* y consiste en establecer las relaciones de movimiento entre la malla y el hueso [6] [7]. Estas relaciones se visualizan por colores a la hora de establecer los polígonos afectados. Las zonas establecidas con colores más cálidos como el rojo o el naranja ligarán de mayor manera el movimiento del hueso y la malla, mientras que los colores fríos, como azules o verdes, ejercerán una fuerza menor en el cambio, pero seguirán viéndose afectados por el movimiento de este (ver Figura 9).

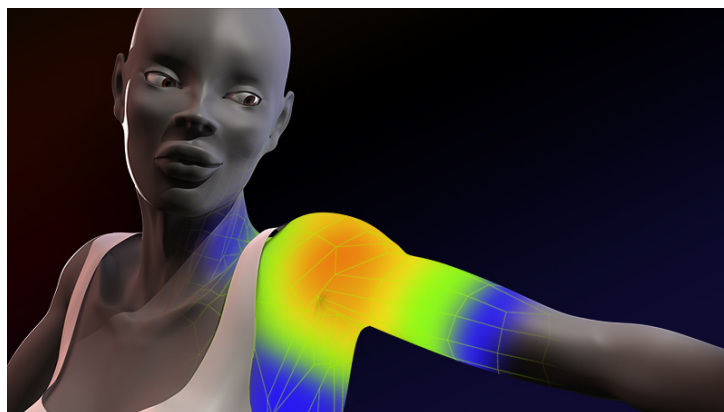


Figura 9 - Ejemplo de skinning en el hombro de un personaje

2.2.3 Rigging

Un sistema de *rigging* permite acceder a estos huesos a través de controladores que se pueden poner por encima del modelo y mover así el conjunto una vez estén establecidos los patrones de relación entre huesos y malla poligonal. El procedimiento consiste en crear figuras simples, como círculos o cuadrados y asociarlos al hueso o cadena de huesos a mover [8]. En la Figura 10 se ve un ejemplo de todas las figuras creadas para controlar el sistema de huesos de un modelo.

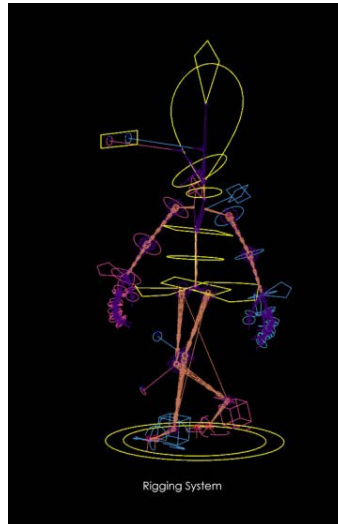


Figura 10 - Rigging de un personaje virtual

2.4 HERRAMIENTAS DE MODELADO Y ANIMACIÓN

En este apartado se describen las herramientas usadas (ver Anexo A.3 Herramientas utilizadas para ver el estudio completo) para la realización y desarrollo del personaje virtual. El objetivo de este apartado es establecer las herramientas más indicadas para la realización de este proyecto, atendiendo a una serie de ventajas y desventajas que toman mucha relevancia a la hora de diseñar un personaje de manera sencilla y accesible e implementarlo en una escena virtual [9]. Se comienza analizando aquellas herramientas que permiten generar modelos 3D y personalizarlos.

2.4.1 Generación de personaje

Estas herramientas permiten generar modelos de personajes humanos virtuales muy completos, con diversos parámetros para modificar como pueden ser la altura, la forma, la edad, el sexo, la ropa o las texturas del personaje.

En la Tabla 1 se puede observar la comparación de los distintos programas evaluados atendiendo a las características situadas en la primera columna: configuración del modelo, topología de la malla, que tipo de esqueleto permite generar, la cantidad de accesorios (ropa o complementos), la variedad de texturas y la calidad general del modelo (malla, textura y esqueleto) con el objetivo de obtener una amplia visión de lo que ofrece cada uno de ellos.

Tabla 1 - Programas de generación de personajes

	MakeHuman	Adobe fuse	autodesk character	iclone
CONFIGURACIÓN MODELO	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo • Edad • Morfología de la cara y del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo • Morfología de la cara y del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo • Morfología de la cara y del cuerpo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sexo • Morfología de la cara y del cuerpo
TOPOLOGÍA MALLA	Avanzada	Avanzada	Media	Media
ESQUELETO	Completo	Cuerpo (sin esqueleto facial)	Cuerpo (sin esqueleto facial)	Completo
BIBLIOTECA ACCESORIOS	30 accesorios de ropa y complementos	100 accesorios de ropa y complementos	50 accesorios de ropa y complementos	12 accesorios de ropa y complementos modificables
VARIEDAD TEXTURAS	Edad, color de piel, ojos, pelo, dientes	Color de piel, edad (joven o viejo), ojos, pelo	Color de piel, edad (joven o viejo), ojos, pelo, ropa	Color de piel, ojos, pelo, dientes, ropa
CALIDAD MODELO	Buena	Muy buena	Buena	Media
DISPONIBILIDAD	Gratuito	Pago (prueba de 30 días)	Pago	Pago (prueba de 30 días)

Se elige la herramienta **MakeHuman** porque ofrece un modelo de buena calidad, con un esqueleto completo con sistema facial incluido. Permite también cambiar el tipo de piel de acuerdo a la edad del modelo y ofrece una serie de accesorios variada para generar personajes de distintas edades. Destaca también que es un software gratuito.

2.4.2 Retoque del modelo

Para la morfología del modelo, existen dos herramientas capaces de detallar con amplia facilidad cualquier tipo de malla 3D gracias a su sistema de pinceles, encargados de esculpir sobre la propia figura como si fuera arcilla según los parámetros que escoja el usuario, dotando al sistema de una gran potencialidad a la hora de desarrollar personajes.

Los más destacados son **Zbrush** y **Mudbox**. Se escoge **Zbrush** debido al mayor número de herramientas, pinceles y capacidades que tiene (como la función *Spotlight* que permite pintar texturas directamente sobre el modelo).

2.4.3 Retoque de texturas

Existen múltiples herramientas para este fin y no solo orientados al retoque de texturas, si no a la edición y manipulación de imágenes. Algunos de ellos son **Adobe Photoshop**, **GIMP**, etc. Son editores de gráficos con el que se consiguen que los mapas de textura puedan ser retocados de manera que aumenten su calidad o resultado final en el personaje.

Se escoge **Adobe Photoshop** debido a su disponibilidad, previo aprendizaje y uso en el Grado de Ingeniería Industrial y Desarrollo del Producto, destacando además su potencia, versatilidad y número de herramientas disponibles para mejorar las texturas del modelo.

2.4.4 Animación del modelo

Los programas preparados para crear animaciones de modelos 3D poseen una inmensa cantidad de herramientas que permiten no solo la propia animación de estos, sino también la creación de mallas poligonales, la manipulación de materiales y texturas, el renderizado por imagen de la escena creada, etc. Por lo tanto, exigen un nivel de aprendizaje alto para conocer todas y cada una de estas opciones.

A continuación, se analizan los más usados en la industria del cine y del videojuego: **Blender**, **3DS Max**, **Maya** y **Cinema 4D**. Se valoran otros aspectos como la disponibilidad del programa, la curva de aprendizaje, la simpleza de su interfaz, la cantidad de opciones que facilitan la animación y la sencillez de navegación en el programa (ver Tabla 2).

Tabla 2 - Comparativa programas animación 3D

	BLENDER	3DS Max	Maya	cinema 4d
CURVA APRENDIZAJE	Alta	Media	Alta	Alta
SIMPLEZA DE INTERFAZ	Alta	Media	Baja	Media
OPCIONES QUE FACILITAN ANIMACIÓN 3D	Autokey, curvas de animación, importación a diversos formatos	Autokey, curvas de animación, importación de poses e importación a diversos formatos	Curvas de animación, AutoRigging e importación a diversos formatos	Autokey, curvas de animación, importación de poses e importación a pocos formatos
DIFICULTAD DE NAVEGACIÓN	Media	Fácil	Media	Fácil
DISPONIBILIDAD	Gratuito	Pago (gratuito estudiantes)	Pago (gratuito estudiantes)	Pago

Se escoge **3DS Max** debido a su previo uso, el conocimiento de flujo de trabajo y su alto rango de compatibilidad entre programas.

La creación de animaciones es un proceso complejo y laborioso, especialmente en la animación corporal (andar, sentarse, respirar, etc.), ya que para generar una animación realista hay que mover cada hueso o conjunto de huesos del cuerpo e imitar la fluidez del movimiento humano, que implica una elevada cantidad de movimientos por acción. Por ello, se estudian aplicaciones que permitan acceder a animaciones realistas y naturales que puedan importarse a otros modelos con el fin de conseguir un mayor nivel de realismo en el personaje.

Se escoge **Mixamo** por ser un software gratuito y la posibilidad de importar cualquier personaje y hacer uso de su biblioteca de animaciones.

2.4.5 Implementar en motor gráfico

Se ha establecido **Unity** como el motor gráfico en el que implementar los personajes de este Proyecto, ya que es gratuito y sencillo de manejar, y permite exportar las acciones, juegos o aplicaciones creadas a gran cantidad de formatos y dispositivos.

Para cargar los personajes en **Unity**, se atiende a una serie de requisitos:

- Tener en cuenta la escala del modelo. Siendo la medida más recomendada para la importación de la malla 3D entre programas las pulgadas.
- Los pies del personaje deben estar parados en el origen local o “punto de anclaje” del modelo. Debido a que un personaje típicamente camina en el suelo estando derecho, es mucho más fácil manejar su punto de anclaje si está directamente en ese suelo.
- Modelo en una **Pose-T** si puede. Esto ayudará a que el espacio ajuste los detalles del polígono dónde lo necesita (ej. las axilas).

El programa permite también retocar animaciones pre configuradas. Se puede modificar el nivel de afección de la animación en el modelo, siendo el máximo la animación completa y el mínimo solo muestra una pequeña parte de información de los movimientos generados (ver Anexo C.6 Implementación en Unity).

2.5 ANÁLISIS DE LA COMUNICACIÓN VERBAL Y NO VERBAL DEL SER HUMANO

Para determinar que animaciones son necesarias en los personajes virtuales a desarrollar se realiza un estudio sobre qué expresiones y movimientos pueden representar el reflejo de emociones de un ser humano y posteriormente adaptarlo al modelo virtual para establecer una interacción realista cara a cara entre usuario y personaje. Por lo tanto, se estudia tanto la comunicación verbal como la no verbal.

2.5.1 Comunicación verbal

En primer lugar, se estudia la comunicación verbal, el habla. Se define como la realización de una serie de formas lingüísticas por parte del hablante y poder expresarse usando estas formas. Para ello, usa una combinación de articulaciones mínimas de un sonido vocálico y consonántico, denominadas fonemas [10].

De cara a la visualización y reflejo de estos fonemas en el modelo, se estudian los visemas, en el caso de este proyecto los de la lengua española, que son las representaciones visuales de los fonemas o las distintas posiciones que toman los músculos de la boca con el objetivo de preparar el modelo para hablar o generar sonidos mediante programas con síntesis de voz. Con estos visemas se puede construir cualquier palabra de la lengua hispana mientras se ordenen correctamente en el proceso de la animación [11].

2.5.2 Comunicación no verbal

La comunicación no verbal es el proceso de comunicación en el que existe un envío y recepción de mensajes sin palabras. Puede ser comunicados a través de gestos, lenguaje corporal o postura, estados de ánimo, expresión facial y el contacto visual e incluso a través objetos tales como ropa.

Existen una gran cantidad de gestos, posturas y expresiones faciales en el ser humano, por lo que se estudian aquellos que son reconocibles e iguales para todas las culturas y razas con el objetivo de mostrar en el personaje aquellas que aporten verdaderamente un significado que el usuario pueda reconocer y actuar en base a él. Por ello, se toman como referencias los estudios llevados a cabo por la compañera Yanet Sánchez López relacionados con la comunicación no verbal del ser humano en entornos virtuales.

El comportamiento humano, se pueden analizar las características de comunicación no verbal según su temporalidad:

A largo plazo toma el poder la personalidad. La personalidad son patrones de pensamientos característicos que persisten a través del tiempo y de las situaciones, y que distinguen a una persona de otra.

Se toma como modelo referente el propuesto por Albert Ellis [12], que establece la existencia de dos tipos de persona: las personas objetivas y las emotivas. La persona objetiva controla más las acciones y movimientos que realiza, sin llamar mucho la atención mientras que la emocional exagera estos movimientos y expresiones, dotando de más viveza al conjunto de sus acciones.

A **medio plazo se reflejan los estados de ánimo**, que son estados afectivos estables más duraderos que las emociones y tienen influencia en las funciones psicofisiológicas del ser humano.

Para modelar el estado de ánimo se ha estudiado el modelo PAD, desarrollado por Albert Mehrabian [13]. Este modelo describe y mide los estados emocionales de acuerdo a tres dimensiones cuantificables e independientes entre sí: Placer, Actividad psicofisiológica y Dominancia de la situación. El estado de ánimo se describe con la siguiente clasificación de cada uno de los tres ejes espaciales en relación a +P y –P como agradable y desagradable, +A y –A como excitado o aplacado y +D y –D como dominante o sumiso en la situación conversacional. Así, se puede describir un estado de ánimo con estos tres rasgos de acuerdo a estas variables (ver Tabla 3).

Tabla 3 – Resumen estados de ánimo

Combinación	Estado resultante	Combinación	Estado resultante
+P+A+D	EXUBERANTE	-P-A-D	ABURRIDO
+P-A+D	RELAJADO	-P+A-D	ANSIOSO
+P-A-D	DÓCIL	-P+A+D	HOSTIL

Los estados resultantes son:

- Exuberante: agradable, activo y se siente cómodo ante una situación
- Aburrido: no le interesa el tema, se siente inactivo
- Relajado: está cómodo respecto a la situación, pero se siente cansado
- Ansioso: no controla la situación y no le agrada, por ello se mantiene alerta, activo
- Dócil: actitud agradable ante una situación que no domina y no le gusta
- Hostil: intenta dominar una situación que no le agrada

Los aspectos de comportamiento a corto plazo, son las emociones básicas, que reflejan una respuesta a un acontecimiento y después de la licitación de la respuesta, la emoción suele decaer y desaparece del enfoque del individuo [14].

Se toma el **modelo OCC** (Ortony, Clore y Collins) [15] que definen un acercamiento cognitivo de las emociones describiendo la licitación de las mismas como resultado de un proceso de valoración cognitiva que realiza el individuo ante un estímulo guiado por un conjunto de variables de evaluación. Concluye que los estados mentales pueden afectar las emociones, por ejemplo, la sorpresa es un estado, pero tiende a intensificar las emociones que reaccionan ante el evento sorprendente. Lo mismo sucede ante un evento de tensión, en el que se puede confirmar o no una mala noticia, por lo que se puede responder con alivio o con la confirmación del temor en dicho evento.

En resumen, se toman como emociones básicas las siguientes:

- Miedo
- Temores confirmados
- Ira
- Alivio
- Alegría
- Satisfacción
- Asco/decepción
- Sorpresa

Finalmente, se estudian los **patrones de comportamiento** ante una situación comunicacional, con el objetivo de ver las diferencias entre tipos de comunicadores.

Para ello, se toma el estudio de Virginia Satir [16], en el que explica que existen cinco patrones de comunicación en el ser humano:

1. Conciliador

Es un comunicador que no suele expresar su opinión, sobretodo, cuando puede ser contraria a los demás. Busca la aprobación y el amor de los demás, tratando de complacer, de disculparse, de congraciarse...

2. Recriminador

El acusador, siempre encuentra los errores de los demás, es dictatorial y no le importa rebajar a los demás. Tiene una baja autoestima y no se considera a sí mismo gran cosa. La posición del cuerpo es señalando con el dedo.

3. Computador

Correcto, lógico y razonable en exceso. Es calmado, más bien frío, poco demostrativo en sus emociones.

4. Distractor

Esta “descolgado” de las conversaciones, ignorando las preguntas, no siguiendo el hilo de las conversaciones, como si no les prestara atención.

5. El Comunicador Funcional (fluido o natural)

La comunicación es sana, fluida, natural, funcional, cuando se dan las siguientes condiciones:

- a) Claridad y precisión en la comunicación.
- b) Pide aclaraciones, verifica lo dicho para compararlo con lo escuchado y así determinar si ha comprendido bien.
- c) Muestra congruencia y coherencia entre lo que expresa, lo que dice, y su lenguaje corporal.
- d) Muestra un mensaje claro, sin vueltas, transmitiendo de forma sencilla y directa coincidiendo en su lenguaje verbal y no verbal.

Estas divisiones servirán para catalogar el modo de comunicación del actor virtual de acuerdo a conjuntos de animaciones que ayuden a identificar dichos patrones.

2.6 CONCLUSIONES FASE ANALÍTICA

El desarrollo de un personaje virtual comprende el uso de varios programas y aplicaciones sobre los que se tiene que tener el conocimiento suficiente para el desarrollo específico de las partes comentadas. Esto implica la elección de programas cuya curva de aprendizaje no sea demasiado complicada y sus resultados sean los indicados para alcanzar los objetivos del Proyecto. Además, todo el contenido generado debe ser compatible en todas sus iteraciones y aplicable al motor gráfico **Unity**. En resumidas cuentas:

- Para la generación de los personajes, se escoge **MakeHuman**.
- Para la animación, se usa el método de animación esquelética. Se escoge el programa **3DS Max** y la aplicación web **Mixamo**, por el acceso a la biblioteca de animaciones corporales que ahorrará tiempo de trabajo a la hora de animar.
- Para el retoque del modelo se elige **Zbrush**, y para el retoque de texturas, **Adobe Photoshop**.
- Destaca la herramienta de modificación de animaciones de **Unity**, que permitirá establecer diferentes grados de “fuerza” de las animaciones importadas y usarla para diferenciar entre animaciones objetivas y emotivas.

Respecto a los estudios sobre la comunicación verbal y no verbal del ser humano, se observa que existen una gran cantidad de parámetros que definen una comunicación realista entre usuarios:

- La personalidad emotiva y objetiva, que muestran de manera diferente las emociones y los estados de ánimo implica el desarrollo en la medida de lo posible de dos representaciones de cada animación, una con los movimientos más exagerados y otra más neutral.
- El estado de ánimo es una actitud o disposición emocional en un momento determinado y que se prolonga más en el tiempo que una emoción básica. También son menos notorios en la expresividad de los movimientos independientes que estas últimas, ya que forman un conjunto entre movimientos corporales y faciales.
- Las emociones básicas son: miedo, ira, temores confirmados, ansia, alivio, alegría, satisfacción, decepción y sorpresa y son movimientos poco duraderos pero intensos en

su expresividad, por lo que se tienen que tener muy en cuenta a la hora de desarrollar sus vertientes emotivas y objetivas, diferenciando claramente los rasgos entre unas y otras.

- Los patrones de comunicación actúan como nexos de varias animaciones entre sí, por lo que una vez se defina el conjunto de animaciones y se apliquen a un personaje, se podrá conocer el tipo de comunicador que es cuando muestre un conjunto de estas y pueda compararse a los distintos niveles delimitados por Virginia Satir.

Además, se necesitan gestos y movimientos básicos o naturales que acompañen a los distintos tipos de comunicación no verbal para aportar un realismo necesario en la interacción con el usuario. Por ejemplo: andar, respirar o pestañear, entre otros.

3. FASE DE DISEÑO

En esta fase se establecen las características que definen al personaje, aspectos como la edad y la apariencia del modelo, las prendas de ropa, pelo y los detalles faciales que componen su morfología, así como los rasgos de personalidad que puede mostrar. También se presentan las animaciones a desarrollar en base a los estudios previos sobre las emociones básicas, estados de ánimo y gestos para luego concretar cuales deben animarse.

3.1 DEFINICIÓN DEL PERSONAJE

Con el objetivo de lograr un mayor y variado abanico de posibilidades a la hora de representar los personajes, se decide crear un personaje masculino, y otro femenino. Ambos personajes deben tener una edad adulta avanzada, entre los 45 a los 65 años. Este rango de edad permite focalizar el desarrollo del modelo, ya que se deben tener en cuenta las características que acompañan a este rango de edad: aparición de arrugas, piel desgastada o con posibles manchas, etc.

Deben tener un cuerpo con apariencia común y normal, que no exceda en ningún rasgo como la corpulencia, el peso, la estatura o en rasgos morfológicos extravagantes. Deben tener una ropa normal, con elementos y accesorios que no llamen la atención, un estilo cotidiano, ya sea formal o informal y con unos colores no demasiado llamativos.

Respecto a la configuración de los personajes, se consideran los siguientes requisitos:

- Conviene que tengan un esqueleto facial lo más complejo posible, ya que, a mayor número de huesos, mayor es el rango de expresiones que puede alcanzar la malla cuando se realicen las animaciones faciales
- Las manos deben tener un hueso por cada falange del dedo, ya que son un elemento muy expresivo y utilizado en la expresión corporal humana
- La textura y el material de la piel tiene que ser lo más parecida a la de un ser humano, con el fin de aumentar el realismo y la naturalidad del personaje.
- Elementos como el pelo, las pestañas y las cejas aportan realismo al conjunto
- Dentro de la boca se encuentran tanto las mandíbulas con los dientes como la lengua, elementos imprescindibles en la comunicación verbal para la generación de los fonemas. Por ello, el modelo debe contener estas geometrías preparadas para ser animadas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se decide revisar modelos virtuales existentes similares a los rasgos descritos anteriormente como forma de inspiración para la creación de los modelos (ver ejemplo en Figura 11 y Anexo A.1 Análisis de los modelos actuales).



Figura 11 - Modelos 3D para inspiración

3.2 ANIMACIONES A DESARROLLAR

En este apartado se describen las animaciones que deben tener los personajes virtuales, de acuerdo al análisis de la comunicación verbal y no verbal presentado en el apartado 2.5. Para llevar a cabo el desarrollo de las animaciones, todos los gestos, expresiones y estados anteriormente descritos se dividen en grupos para facilitar su desarrollo. Estos son:

- Movimientos naturales del ser humano
- Emociones básicas
- Estados de ánimo
- Patrones de comunicación
- Visemas (comunicación verbal)

3.2.1 Movimientos naturales

En este apartado entran acciones y determinados gestos que apoyan a las demás animaciones para transmitir un mayor realismo de comunicación. Algunos de los más relevantes son:

- Respirar
- Caminar o moverse
- Pestañear
- Cambiar el peso del cuerpo
- Mover la mirada
- Saludar
- Asentir y negar
- Pensar
- Reír
- Llorar

3.2.2 Emociones básicas

De acuerdo al estudio realizado, las emociones consideradas como básicas en el ser humano son: miedo, ira, temores confirmados, alivio, alegría, satisfacción, decepción y sorpresa.

Como modelo de inspiración para ejecutar las animaciones de las emociones, se toman imágenes sobre las expresiones faciales de **Artnatomya** [17], web diseñada para mostrar los cambios que toman los distintos músculos de la cara al cambiar de expresión. Se ha escogido esta página porque ofrece distintas imágenes de las emociones básicas y que movimientos

ejecutan los distintos músculos de la cara para llevar a cabo la expresión, los cuales ayudan a definir los huesos que se deben mover una vez se empieza a grabar la animación. Para las emociones básicas de cada personaje virtual, se deben realizar dos animaciones para los dos tipos de persona mencionados por Ellis en el apartado 2.5.2 del Proyecto, una emotiva y otra objetiva. Para la persona emotiva, se deben exagerar los movimientos de una manera notoria y para la persona objetiva, los movimientos deben ser neutrales y poco exagerados.

Se comienza mostrando a una persona caricaturizada (que se usará como modelo para el resto de emociones) con la emoción de alegría, apareciendo a su derecha los músculos de la cara que se mueven señalados en rojo y el movimiento que toman (ver Figura 12).

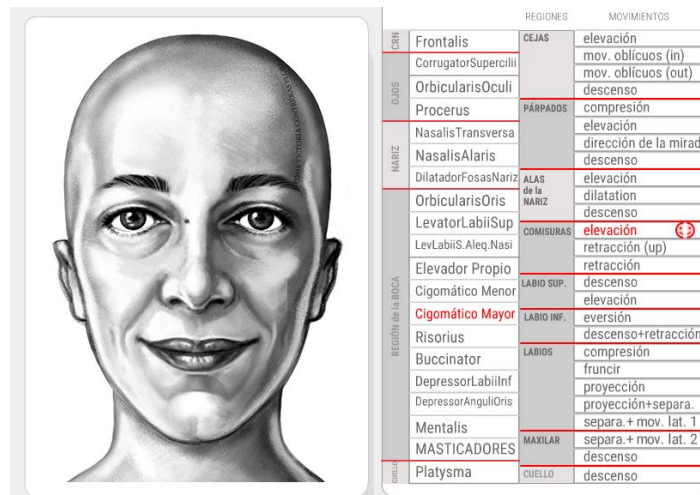


Figura 12 - Representación de la alegría

Predomina una elevación y amplitud de las comisuras de la boca, así como una leve elevación de los pómulos, las aletas de la nariz y las cejas. La satisfacción comprende al igual que la alegría una elevación y amplitud de las comisuras y los pómulos, con el ceño relajado y los párpados cerrados (ver Figura 13).

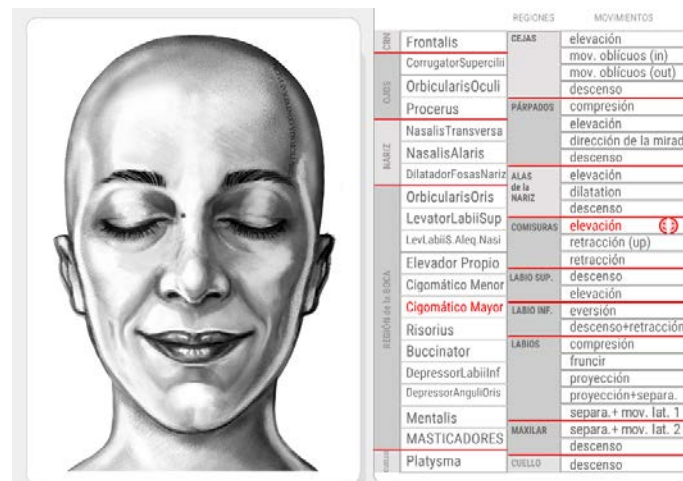


Figura 13 – Representación de la satisfacción

Para la tristeza (ver Figura 14), un aspecto a destacar es el descenso de las comisuras de los labios con respecto al centro de los mismos. Pero también es muy importante el matiz de

las cejas, ya que el descenso de la parte exterior y que en el centro estén más altas le dan más poder a la emoción que un simple movimiento hacia debajo de la boca.

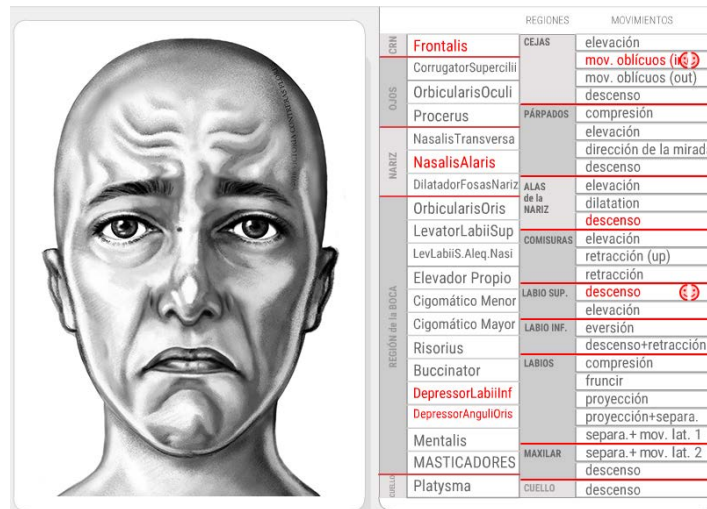


Figura 14 - Representación de la tristeza

La emoción de la ira (ver Figura 15). En esta expresión lo más importante son las cejas: que la parte interior de las mismas esté apuntando hacia abajo y frunciendo el ceño. Los labios también están separados para que se puedan ver los dientes como símbolo de ira, y los pómulos se al desplazar las aletas de la nariz y la boca.

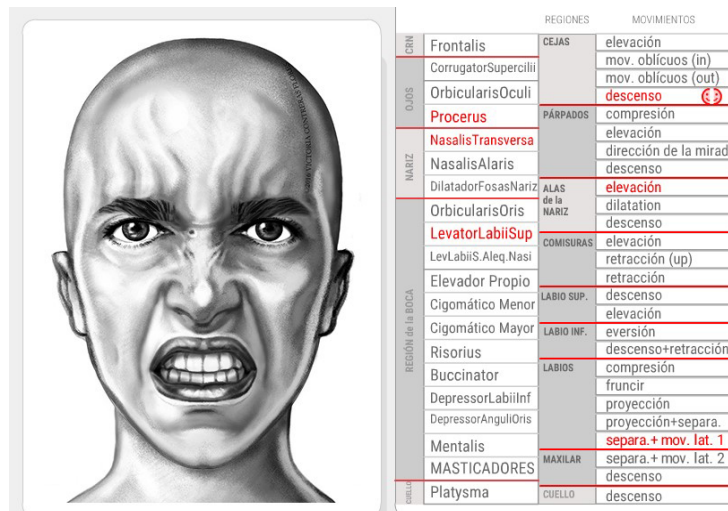


Figura 15 - Representación de la ira

La sorpresa implica una amplia elevación de las cejas y la apertura de los párpados y un descenso y retracción del labio inferior, a la par que se abre mucho la mandíbula para mostrar esa sensación de impresión (ver Figura 16).



Figura 16 - Representación de la sorpresa

El miedo (ver Figura 17) provoca un fruncimiento del ceño hacia dentro, los extremos exteriores de las cejas bajan y al igual que la sorpresa, se abren mucho los párpados y se abre la boca, enseñando un poco los dientes.

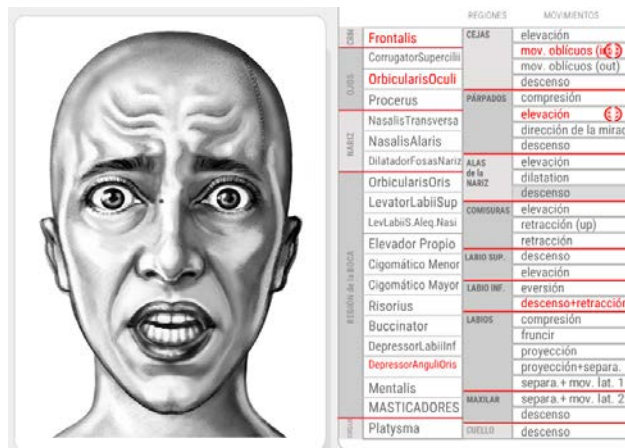


Figura 17 - Representación del miedo

Para el la decepción, asco o disgusto, el rasgo más destacable es la dilatación de las alas de la nariz, como vemos en la Figura 18.

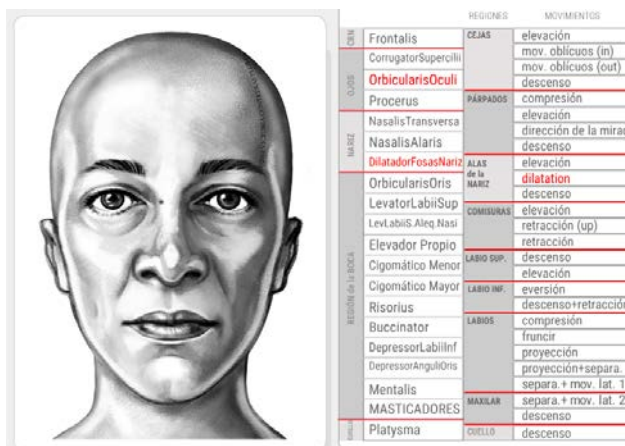


Figura 18 - Representación del asco

El alivio (ver Figura 19) es una mezcla entre un descenso de los párpados, la dilatación de las alas de la nariz y una leve separación de los labios hacia fuera.

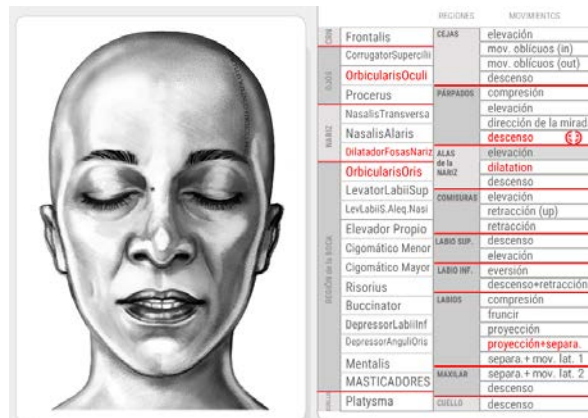


Figura 19 - Representación del alivio

Por último, la expresión de los temores confirmados (ver Figura 20) comprime los párpados de los ojos, eleva las alas de la nariz y el cuello se tensa hacia abajo.

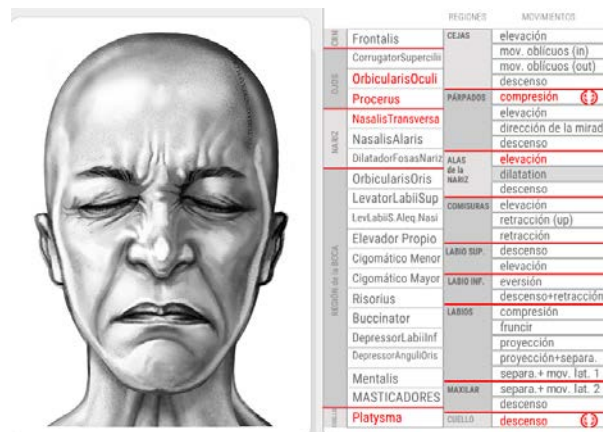


Figura 20 - Representación de temores confirmados

3.2.3 Estados de ánimo

Los estados de ánimo son aquellos aspectos emocionales que persisten un periodo un poco más largo que las emociones ya que estas son transitorias y desaparecen pocos segundos después de mostrarse. Estos estados combinan los movimientos del cuerpo con los de la cara, y solo al combinarse puede conocerse cuál es el estado del personaje. Se describen por lo tanto aquellos aspectos relacionados con la posición del cuerpo (tronco, brazos, manos) y la relación con la expresión facial que conllevan.

Para agrupar estos movimientos corporales en los estados de ánimo, se establecieron con la ayuda de la directora del Proyecto y con la compañera Yanet Sánchez López, aquellas acciones más determinantes de cada estado de ánimo siguiendo lo propuesto por el método PAD citado en el apartado 2.5.2 del Proyecto. Se describen a continuación divididas entre animaciones faciales (ver Tabla 4) y corporales (ver Tabla 5).

Tabla 4 - Resumen animaciones faciales para los estados de ánimo

Exuberante	Aburrido	Relajado	Ansioso	Dócil	Hostil
Arrogancia	Cansancio	Inhibición	Ansia	Tímido	Enfado
Determinación	Bostezo	Placer			Gritar
		Duda			

Tabla 5 - Resumen animaciones corporales para los estados de ánimo

Exuberante	Aburrido	Relajado	Ansioso	Dócil	Hostil
Gesto arrogante	Cansancio	Encoger de hombros	Manos a la cabeza	Brazos cruzados	Agitar brazos
Firmeza (manos hacia delante)	Bostezo (mano a la boca)	Dudar	Decepcionado	Apartar mirada	Gritar
Sarcasmo			Ansia (respiración fuerte)		Señalar

3.2.4 Patrones de comunicación

Los patrones de comunicación son el nexo de unión entre distintas expresiones faciales, corporales descritos en el apartado 2.5.2.

A continuación, se detallan que animaciones requiere cada uno de ellos para su puesta en escena, sacadas del estudio de Virginia Satir citado anteriormente:

- Para el conciliador: disculpar y atender
- El recriminador: señalar con el dedo, enfado o desacuerdo
- El computador: expresión neutra, determinación
- El distractor: mirar a otros lados, no prestar atención

No aparece el nivelador, ya que es el resultado del equilibrio entre los cuatro anteriores patrones.

Por lo tanto, las animaciones a desarrollar para los patrones de comunicación vienen dadas por diversos gestos, tanto corporales como faciales, que acompañaran al personaje y ayudaran a identificar como se está comunicando. Estos gestos van desde la escucha: asentir, negar, no atender, etc. (mostrando el comportamiento frente a lo que expone el usuario), a la manera de sobrellevar gestualmente en una conversación: señalar, mirar a otros lados, mostrarse determinante, etc.

3.2.5 Visemas

Para animar los visemas, se usa la Figura 21 como inspiración, ya que muestra las posiciones de los labios, la lengua y los dientes para cada visema de la lengua hispana. Esto sirve para tener unas directrices sobre cómo debe quedar la postura general de la cara para cada visema en el proceso de animación. Se obtienen por lo tanto un total de 17 posiciones independientes que combinándose entre sí podrán determinar cualquier palabra cuando se desee combinar dichas animaciones en el motor gráfico **Unity**.

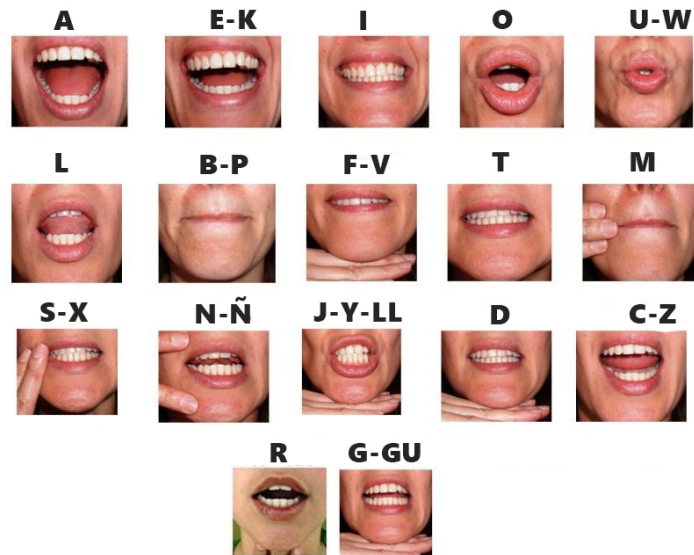


Figura 21 - Visemas de la lengua hispana

3.3 CONCLUSIONES FASE DE DISEÑO

A continuación, se muestran todos los tipos de movimientos y gestos que se han de desarrollar para generar todas las animaciones y obtener una biblioteca suficiente para generar una comunicación realista en los personajes virtuales (ver Tabla 6). Se van a diseñar dos personajes, uno femenino y otro masculino, cuya edad ronda los 50 años. Tendrán un cuerpo con apariencia común, que no exceda en ningún rasgo como la corpulencia, el peso, la estatura o en rasgos morfológicos extravagantes. Al igual que la vestimenta.

Tabla 6 - Listado general de movimientos y gestos para lograr una comunicación realista con el usuario

Animaciones naturales	Emociones básicas	Estados de ánimo	Patrones de comunicación	Visemas
Respirar	Miedo	Placer	Asentir y negar	a, e, i, o, u
Caminar o moverse	Ira	Determinación	Comprender	b, c, d, f
Pestañear	Alivio	Arrogancia	Admitir	g, j, k, l, m
Cambiar el peso del cuerpo	Temores confirmados	Duda	Señalar con el dedo	n, p, r, s
Mover la mirada	Alegría	Placer	Enfado	t, y
Saludar	Satisfacción	Inhibición	Desacuerdo	
Asentir y negar	Asco	Bostezo	Determinación	
Gestos varios	Sorpresa	Enfado	Mirar a otros lados	
Reír	Tristeza	Cansancio	No prestar atención	
Llorar		Brazos cruzados		
		Timidez		
		Mirada perdida		
		Agitar brazos		
		Gritar		
		Ansia		

4. FASE DE DESARROLLO

En esta fase, se desarrolla en primer lugar el modelo del hombre con las herramientas escogidas para la generación de la malla, sistema de huesos y las texturas, el retoque de estas (ver apartado 2.6); la creación de animaciones (definidas en el apartado 3.2) y la importación del modelo al motor gráfico **Unity**.

El proceso de trabajo descrito a continuación es el resultado de analizar la eficiencia y viabilidad de este y otros métodos de trabajo con otras herramientas y pasos a seguir, con el objetivo de mostrar un flujo de desarrollo que consiga realizar de la manera más simple, un personaje virtual emocional preparado para una interacción y comunicación realista con un usuario. Para visualizar este proceso, se muestra en la Figura 22 un esquema que ordena las distintas fases de desarrollo del modelo.



Figura 22 - Esquema del proceso de desarrollo del personaje virtual

4.1 CREACIÓN DEL MODELO

En este apartado se crea el modelo del personaje virtual, que incluye la generación de la malla del modelo, la definición de las distintas partes que la componen y la generación de esqueleto virtual. **MakeHuman** es el programa escogido para la generación del modelo 3D, desde su malla y topología hasta las texturas de cada una de sus partes. También de generar el sistema de huesos y su relación de movimiento y deformación con la malla o *skinning*. Se comienza con la generación del modelo.

4.1.1 Generación del modelo

El primer paso del modelado consiste en personalizar el modelo base que aporta el programa. Esta personalización implica modificar parámetros que ya vienen definidos como el sexo, la edad, la musculatura, la altura o el tono de piel, etc. Por ello, se alteran estos parámetros para cumplir los requisitos de un hombre de edad avanzada con una apariencia y vestimenta normal. Como se pretende hacer un hombre con una edad avanzada se mueven los deslizadores correspondientes hasta obtener los resultados deseados (ver Figura 23).

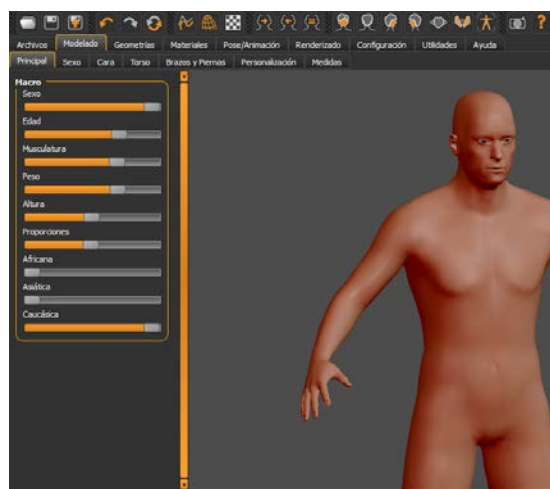


Figura 23 - Modelo masculino de 53 años de edad en **MakeHuman**

Tras esta breve definición, se navega de izquierda a derecha por las pestañas superiores para modificar los detalles del modelo, como son la cara (ver Figura 24), el torso, los brazos, manos y piernas y así definir la malla base del modelo.

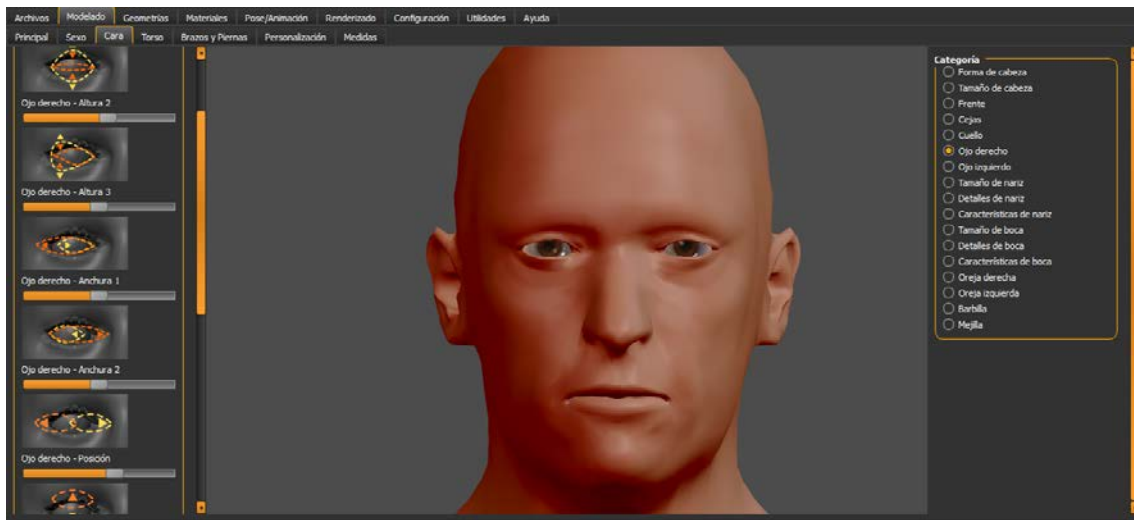


Figura 24 - Modificadores de los ojos del modelo - *MakeHuman*

Al obtener la malla de la piel, se deben agregar las distintas mallas que completarán el modelo. Se encuentran en el apartado de *Geometrías* y son las siguientes: ropa, pelo, ojos, dentadura, tipología, pestañas, cejas y lengua. Las opciones escogidas se indican y explican en la Figura 25.



Figura 25 - Geometrías escogidas para el modelo

Tras la selección de los objetos comentados previamente, el resultado final del personaje se puede observar en la Figura 26 y una vista de detalle de los materiales de la cara en la Figura 27.



Figura 26- Modelo con geometrías aplicadas



Figura 27 - Materiales aplicados al personaje

4.1.2 Generación de huesos

Para la generación de huesos se selecciona el esqueleto *Default no toes*, por ser el único que posee un sistema facial agregado al del cuerpo (sin agregar los huesos de los dedos de los pies, que no se consideran necesarios en este proyecto), sumando un total de 163 huesos. El esqueleto del personaje se puede ver en la Figura 28.

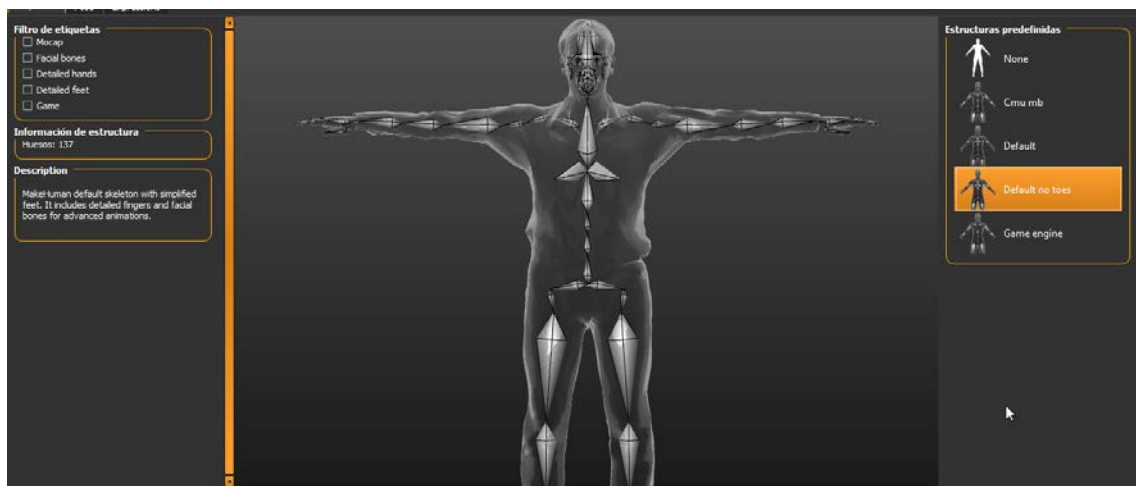


Figura 28 - Esqueleto Default no toes

4.1.3 Exportación del modelo

Para que el modelo pueda importarse correctamente en **Mixamo** y **3DS Max**, se requiere definir la posición de éste en una pose en T. También debe ser guardado en **pulgadas** para garantizar la compatibilidad con **3DS Max** y **Unity** y así establecer una relación de escala que no se debe perder para garantizar una correcta importación del modelo entre programas (ver Figura 29).

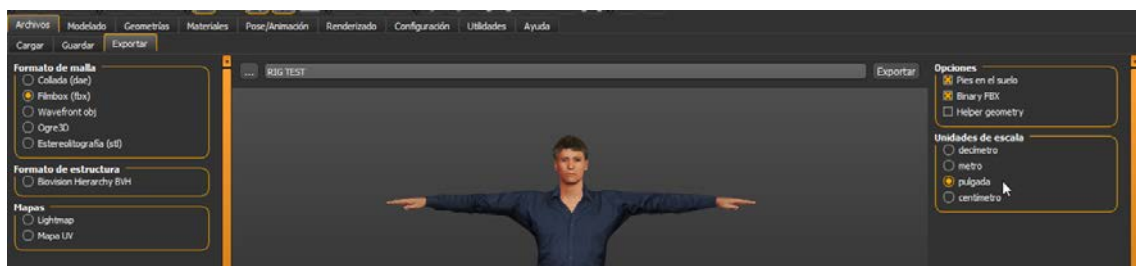


Figura 29 - Herramientas de exportación de *MakeHuman*

El formato de archivo en la exportación debe ser FBX [18], ya que es un formato admitido por un gran número de programas y aún toda la información del personaje: modelo, esqueleto y texturas y animaciones.

4.2 MEJORADO DE TEXTURAS

Zbrush es el programa escogido para retocar el modelo y generar un mapa de textura normal que dote de pequeños detalles como los poros y las arrugas al resultado final. Se hace uso de la herramienta *Spotlight*, incorporada en el programa, para aportar una mejora en la propia textura de la piel de **Mixamo**, utilizando una textura realista encontrada en Internet. Se procede a describir este proceso comenzando por *Spotlight*.

4.2.1 Uso de texturas realistas

Spotlight es una herramienta destinada a usar los pinceles de **Zbrush** para pintar cualquier archivo de imagen importado, sobre el modelo 3D. Para este Proyecto, se decide recurrir a una imagen con una textura realista de las distintas partes de la cara de un ser humano desarrollada para un uso gratuito (ver Figura 30).



Figura 30 - Textura cabeza hombre realizada por la página www.3DTotal.com

En **Zbrush**, el primer paso es importar solamente la malla de la piel del modelo (ver Figura 31).

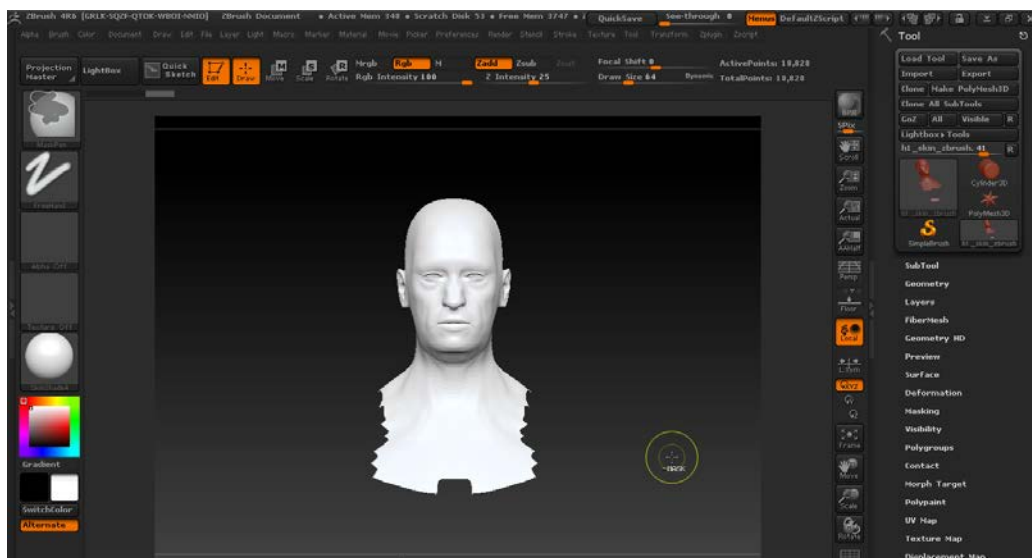


Figura 31- Objeto piel importado a **Zbrush**

Después, se importa la textura (previamente descargada o generada) en **Zbrush**, se ejecuta *Spotlight*, se selecciona la textura y se comienza a pintar por el relieve del modelo, girando este para poder pintar adecuadamente las partes que corresponden a los lados o el cuello y la parte superior de la imagen (ver Figura 32).

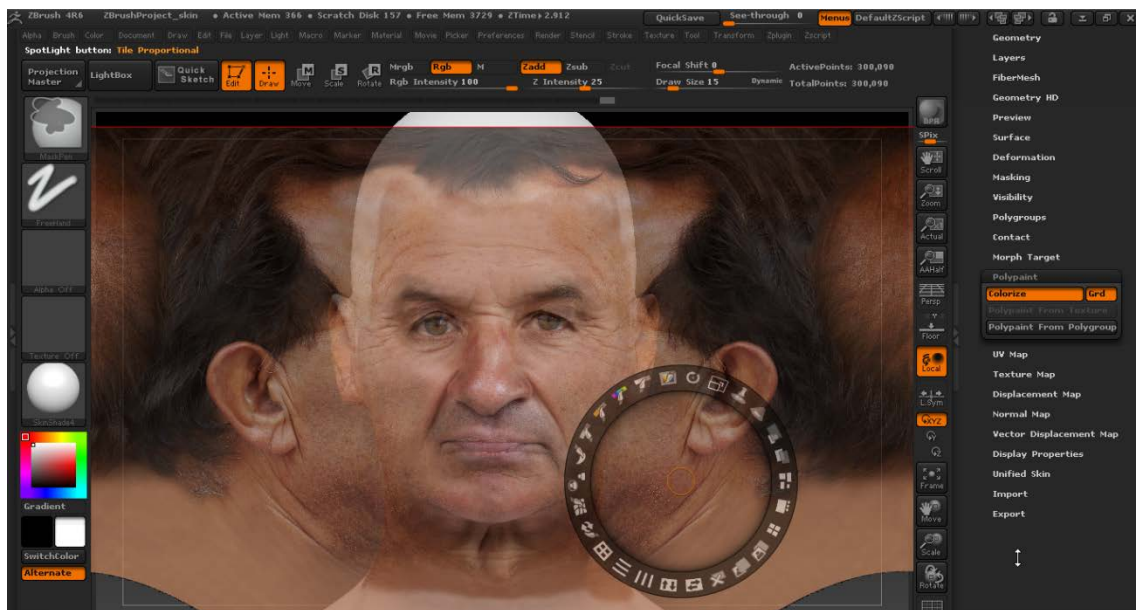


Figura 32 - Herramienta Spotlight

Tras pintar el modelo (se puede ver el resultado en la Figura 33), se ve con más claridad algunas zonas con pliegues o arrugas en la piel, que dotan de más realismo al conjunto.

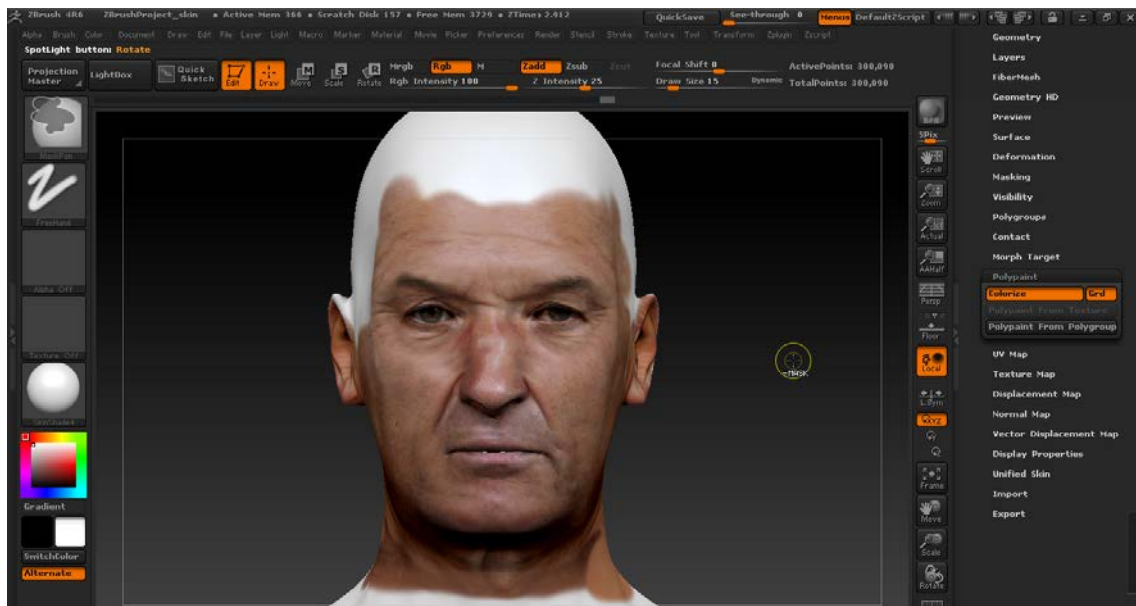


Figura 33 - Modelo con textura aplicada mediante Spotlight

Para plasmar estos detalles en la malla del modelo y generar un mapa virtual, se emplean los pinceles de *Zbrush Dem_Standard* para las arrugas (ver en la Figura 34) y *Skin_Pores* por toda la piel para generar los poros de esta [19].

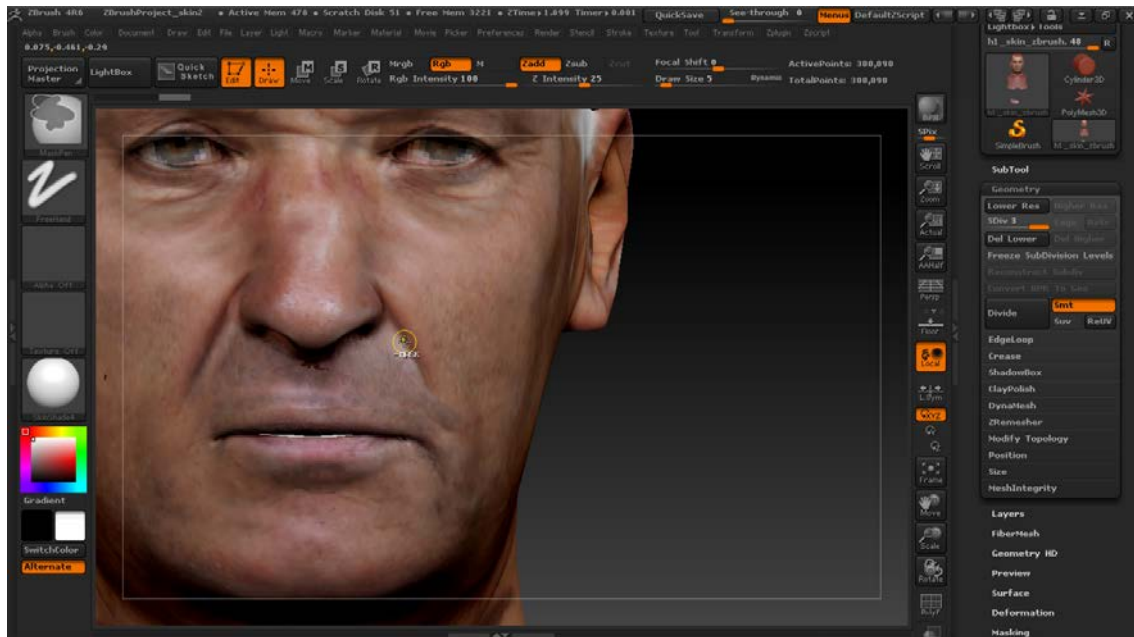


Figura 34 - Pincel marcando las líneas de las arrugas directamente en la malla

Tras esto, en el menú de la derecha se guardan y exportan como imagen primero la textura creada en *Texture From Polypaint* y para el mapa normal en *Normal mapping*. El próximo paso consiste en aplicar la textura generada en el archivo original de la textura.

4.2.2 Combinación de la textura generada con la original

En **Photoshop**, se combinan la textura obtenida de **MakeHuman** con el mapa de imagen generado mediante *Spotlight*, usando máscaras de capa (que filtren solo la parte generada de la cada) y un filtro de fusión de capa *Color* para que se adapten los colores de la textura creada al de la imagen original. Después se corrigen los pequeños detalles con el *Pincel Corrector* en las zonas de cambio de color en el cuello o en la mejilla donde se ha superpuesto la imagen y se recomienda usar pinceles que imiten los poros o las manchas de la piel para mejorar más el resultado de la imagen final (ver Figura 41). Se guarda la textura y se sustituye por la anterior.

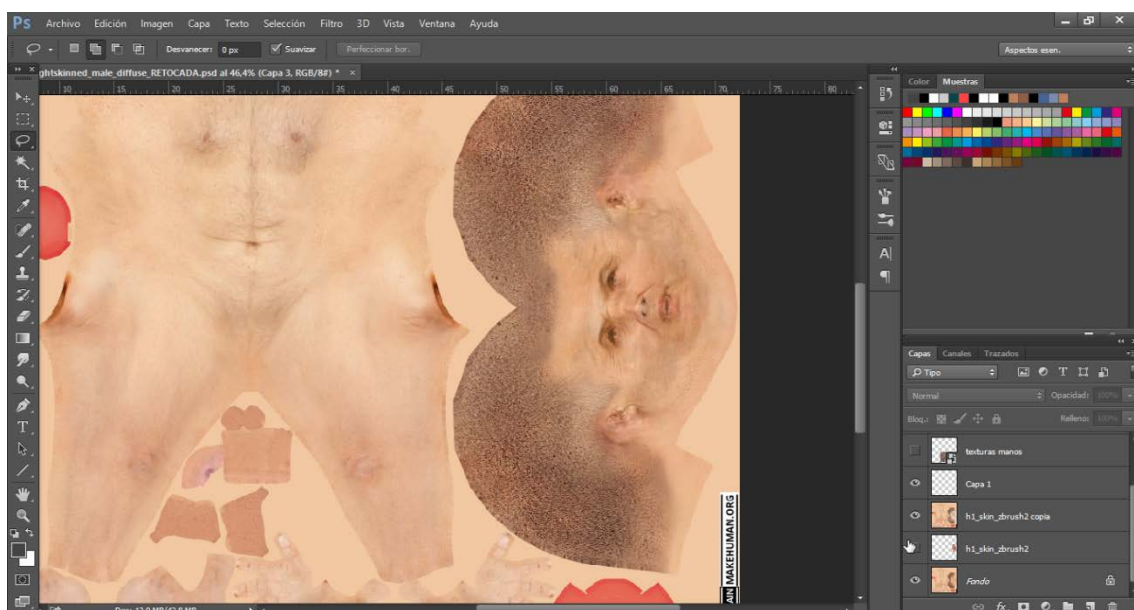


Figura 35 - Resultado final de la textura Piel

4.3 ANIMACIONES CORPORALES

En este apartado se define la realización de animaciones del cuerpo del personaje, para lo que se hará uso de la aplicación **Mixamo**. Con esta herramienta se puede importar cualquier modelo 3D humanoide, ya sea con o sin esqueleto para crear el *rigging* y el *skinning* (en caso de que no lo tuviera) o adaptar uno ya creado al que usa el programa para realizar animaciones, como es el caso de este proyecto (en la Figura 42 se puede ver el resultado del modelo importado).

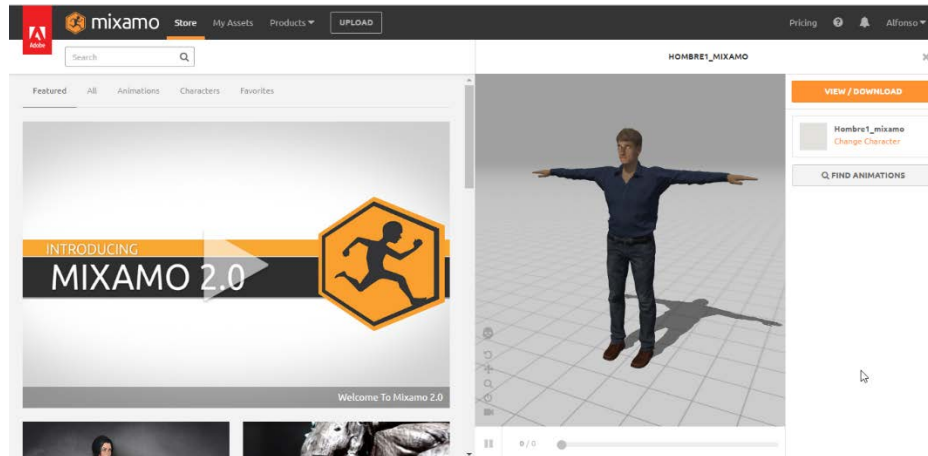


Figura 36 - Modelo hombre importado en **Mixamo**

4.3.1 Generación de las animaciones

En la sección *Animations* de la propia página (ver Figura 43) se muestra toda la biblioteca de animaciones de **Mixamo**. Estas animaciones han sido generadas mediante el método de captura de movimiento y preparadas para que se puedan adoptar a cualquier personaje humanoide. Para encontrar las animaciones relevantes a la comunicación, se introducen en el buscador *tags* como *breath* (respirar), *happy* (felicidad), *cry* (llorar), etc., y así, se comprueban una a una las animaciones definidas en el apartado 3.3.

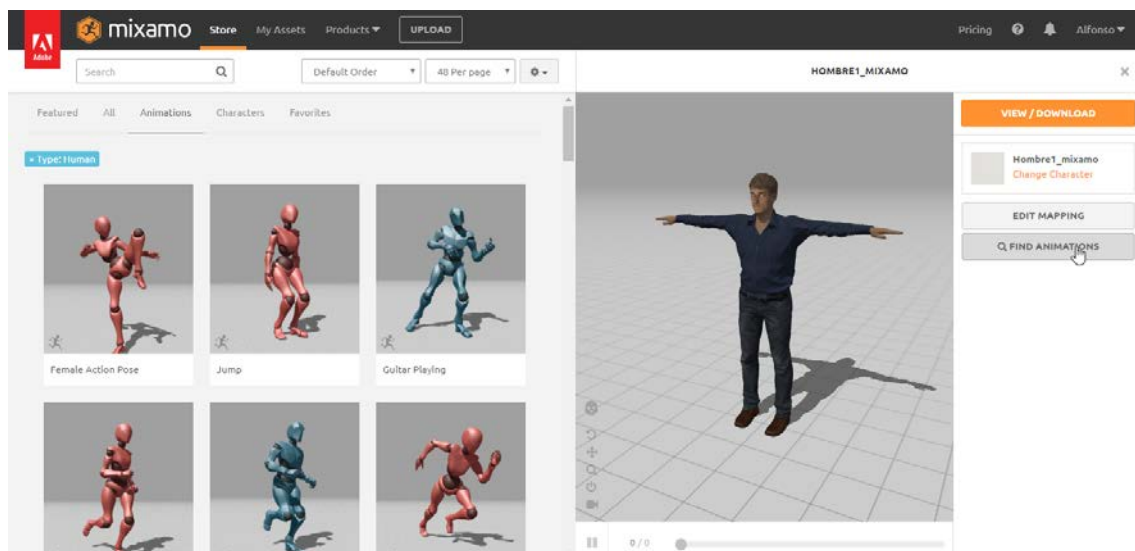


Figura 37 - Biblioteca de animaciones de **Mixamo**

Modificadores de la animación

Cada animación se acompaña de unos modificadores que regulan la posición de las partes del modelo o la ejecución de unos movimientos u otros (ver Figura 44). El objetivo es generar

animaciones emotivas y objetivas de cada una de las desarrolladas. Para las primeras se modifican estos parámetros para que representen los movimientos más exagerados, amplios y destacables, que llamen la atención del objetivo. Para las segundas, los controladores se bajan al mínimo, lo que atenúa y suaviza la expresión del movimiento, generando en ocasiones movimientos sutiles y poco notorios que denotan las personas objetivas.

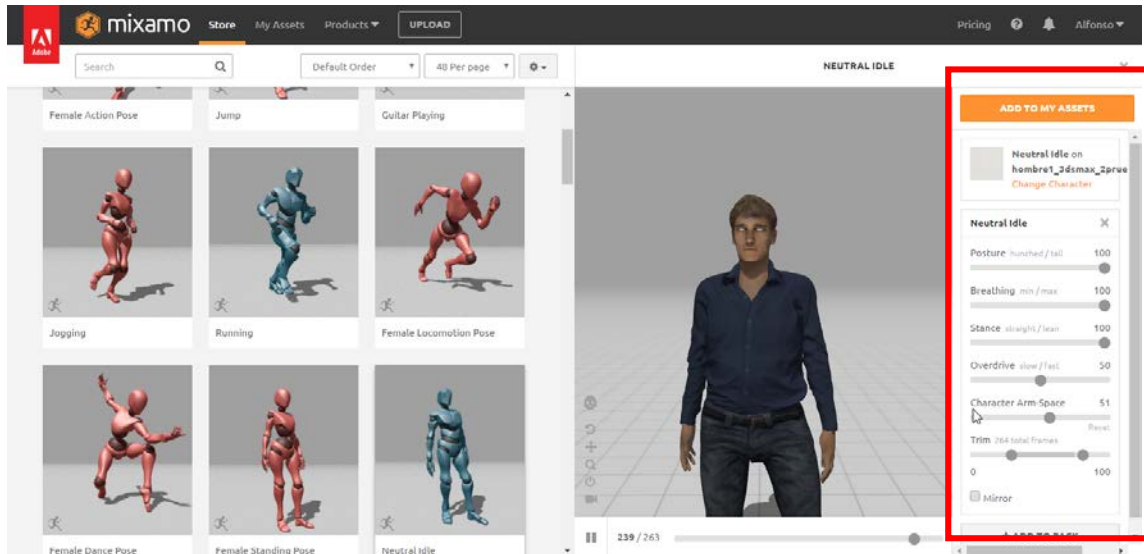


Figura 38 - Configuración de parámetros de animación en **Mixamo**

Al modificar parámetros como la intensidad o la altura de ciertos movimientos, se aprecian cambios significativos entre las animaciones emotivas y objetivas, lo que otorga un gran número de posibilidades de animación.

4.3.2 Animaciones generadas en Mixamo

Se generan un total de 92 animaciones corporales para el personaje gracias a esta aplicación. Para ver el listado completo, ver Anexo D.1 Animaciones Mixamo. A continuación, se enumeran algunas de ellas que comprenden cuatro categorías del personaje:

- Animación corporal y gestos con el personaje de pie
 - Reconocer, asentir, negar, señalar, mirar a otros lados, reír, llorar, gritar, etc.
- Animación corporal y gestos con el personaje sentado
 - Sentarse, levantarse, mover las piernas, mirar a otros lados, reír, alivio, etc.
- Caminar
 - Empezar a caminar, parar, caminar erguido, prepotente, cabizbajo, neutral, etc.
- Estados de ánimo y movimientos naturales
 - Respirar, estar aburrido, triste, enfadado, alegre, cambiar el peso del cuerpo, etc.

4.4 ANIMACIÓN FACIAL

Para este apartado se trabaja con la aplicación 3DStudio Max. Se manipulan los distintos huesos faciales para formar todas las expresiones faciales necesarias, así como los visemas y los movimientos de los ojos y los párpados.

4.4.1 Importación y visualización de materiales

Al importar el modelo, se aprecia una mala visualización de las texturas. Eso es debido al modo en que los distintos programas manejan la visualización de los materiales y texturas, por ello,

hay que configurar en **3DS Max** los parámetros necesarios en el *Material Editor* (ver Anexo C.3 Preparación del modelo) para obtener una visualización óptima del modelo (ver Figura 39) con el objetivo de poder ver con mayor facilidad la deformación de la malla y como afecta al personaje en general.

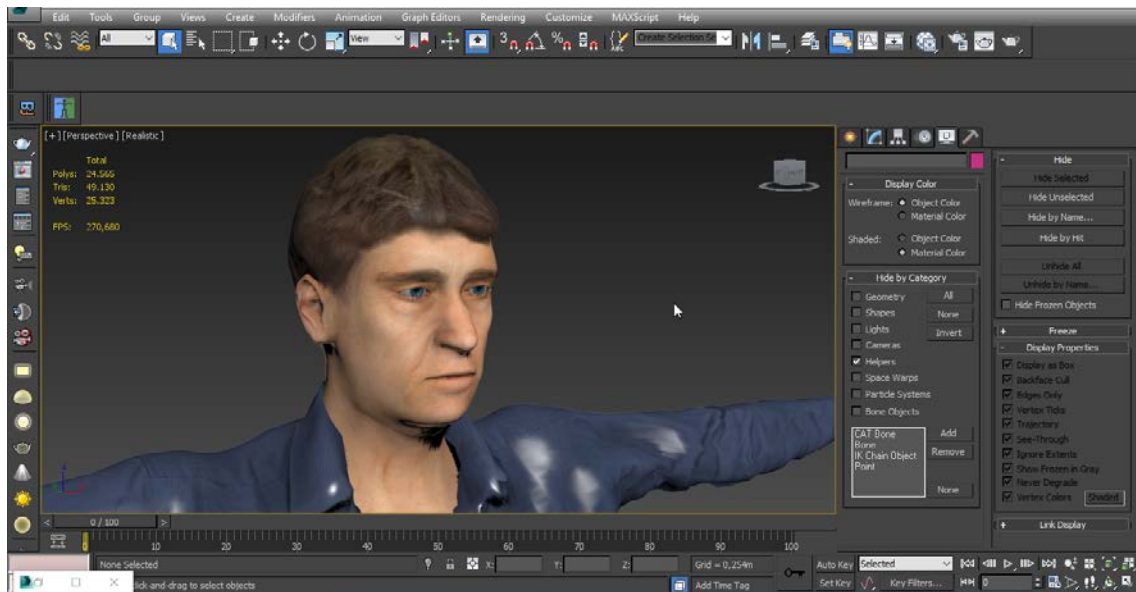


Figura 39 - Modelo preparado con las texturas correctamente configuradas

4.4.2 Animación

En este apartado, se describe el proceso de desarrollo de las animaciones de las expresiones faciales de las emociones básicas, los estados de ánimo, los visemas y el movimiento de los ojos y los párpados, así como acciones naturales como la risa y el llanto.

Proceso de animación

Para toda animación, hay que activar en la escena del personaje en **3DS Max** el modo de animación *AutoKey*. Como se ha explicado en el apartado 2.2, gracias al *keyframing*, tan solo es necesario realizar los cambios de posición de los huesos más importantes en los puntos que considere el usuario, ya que luego el programa se encarga de rellenar el resto de *frames* basándose en estos puntos clave generados. En la Figura 40 se observa una vista de detalle ejemplo de la línea de tiempo, en la que se han generado un total de 5 *keyframes* a lo largo de la animación.

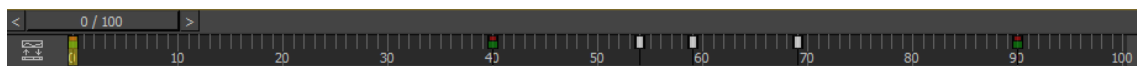


Figura 40 – Ejemplo de línea de tiempo con los keyframes marcados con colores

Animaciones de los ojos y los párpados

El primer paso para realizar la animación del sistema ocular consiste en crear el *rigging* de los ojos para facilitar la manipulación de estos. Esto se consigue al crear unos puntos en el espacio que se convierten en controladores gracias a la herramienta *LookAt* [20], encargada de conectar el punto y la malla de cada ojo para que cuando el primero se mueva, el segundo mantenga su posición, pero vaya girando su eje de rotación mirando siempre hacia el punto (ver Figura 41).

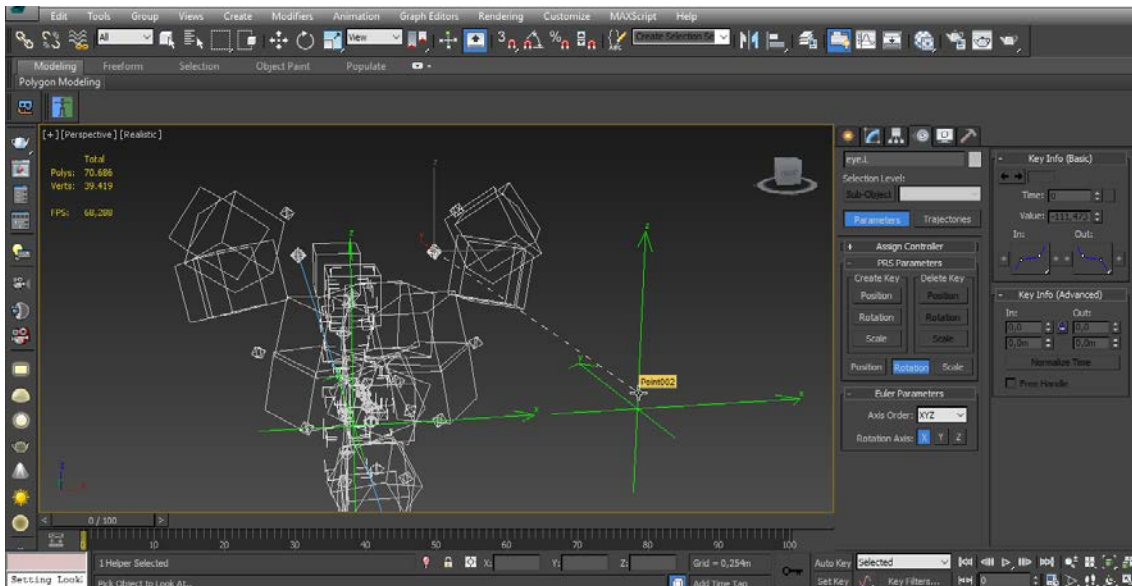


Figura 41 - Comando LookAt: desde el ojo hasta el punto que controla la vista

Tras crear una relación para cada ojo, se agrega un tercer punto de referencia, que en este caso es la figura de un rectángulo (para diferenciarla de los otros puntos) y gracias al comando *Link*, se agregan los controladores de los ojos a este, obteniendo el control de ambos con un solo punto (ver Figura 42).

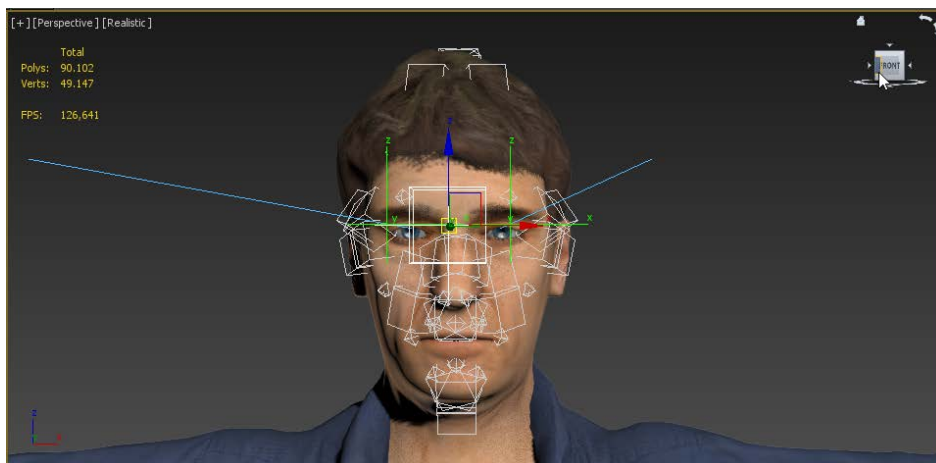


Figura 42 - Rigging de los ojos

Con el sistema de *rigging* de los ojos creado, se realizan las siguientes animaciones relacionadas con el movimiento ocular:

- Mirar alrededor
- Mirar hacia otro lado
- Mirar hacia abajo
- Mirar a izquierda y derecha

Para la creación de la animación Pestañear, el personaje debe cerrar ambos párpados, para lo que se seleccionan ambos huesos del párpado superior, se selecciona un *frame* situado más adelante y se mueven ligeramente hacia abajo, creando el efecto de cerrar los párpados como se puede ver en la Figura 43. Al igual que los ojos, se exporta con las condiciones citadas anteriormente.



Figura 43 - Animación de cerrar los párpados ejecutada

Animaciones de los visemas

A continuación, se desarrollan los distintos visemas analizados en el apartado 3.2.5.

Para la animación de los visemas, se van a usar los huesos correspondientes: los 5 del labio superior y los 3 del labio inferior (ver Figura 44), la mandíbula (para abrir o cerrar la boca) y los 3 pertenecientes a la lengua (ver Figura 45), según el visema que se modele.

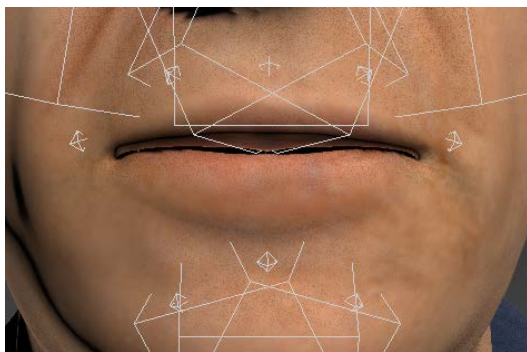


Figura 44 - Huesos de los labios superior e inferior

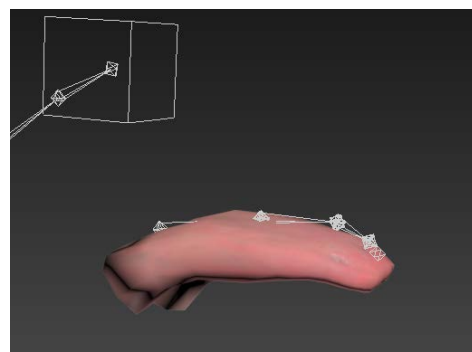


Figura 45 - Hueso de la mandíbula resaltado (izda.) y huesos de la lengua (dcha.) con la malla de la piel oculta

Para realizar la animación de cualquier visema, se requiere un único *frame* situado al final de la línea de tiempo, ya que en el lenguaje verbal se pasa inmediatamente de un visema a otro, sin volver al estado neutral.

A continuación, se muestra el visema “a”:

Desde la posición inicial se baja el hueso de la mandíbula para abrir la boca y se amplía la separación entre los labios (ver Figura 46 para visualizar el cambio).



Figura 46 - Boca en posición neutra a la izquierda y formando el visema “a” a la derecha

Y así, se desarrollan uno a uno todos los visemas moviendo los huesos de la boca, la mandíbula o la lengua si el propio visema lo necesita. A continuación se listan y muestran en orden a continuación: “b_p”, “c_z” (ver figura 47), “d”, “e” (ver figura 48), “f_v”, “g” (ver figura 49), “i”, “l” (ver figura 50), “m”, “n” (ver figura 51), “o”, “r” (ver figura 52), “s_x”, “t” (ver figura 53), “u_w” y “y_ll_j” (ver figura 54).

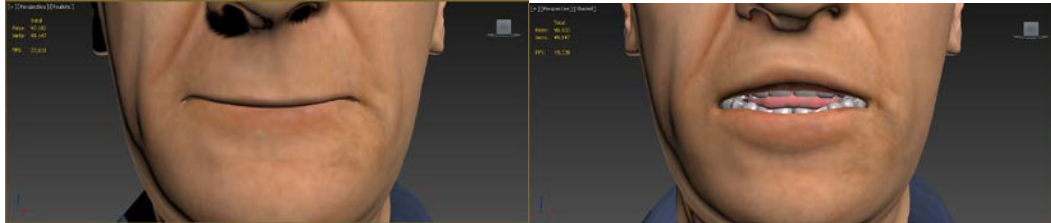


Figura 47 - Visemas b_p (izda.) y c-z (dcha.)

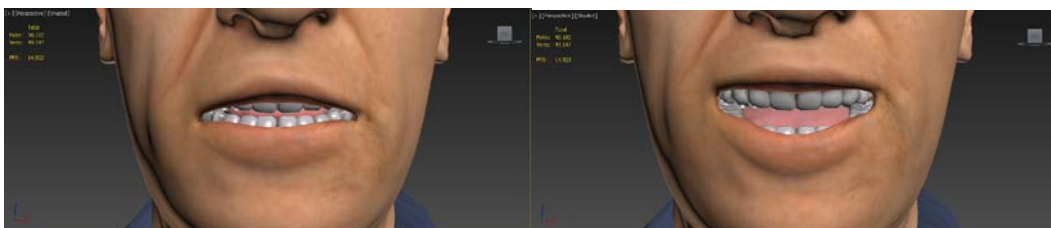


Figura 48 - Visemas d (izda.) y e (dcha.)

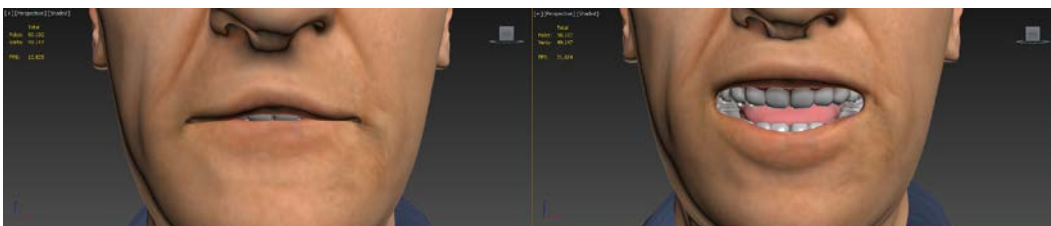


Figura 49 - Visemas f_v (izda.) y g (dcha.)



Figura 50 - Visemas i (izda.) y l (dcha.)

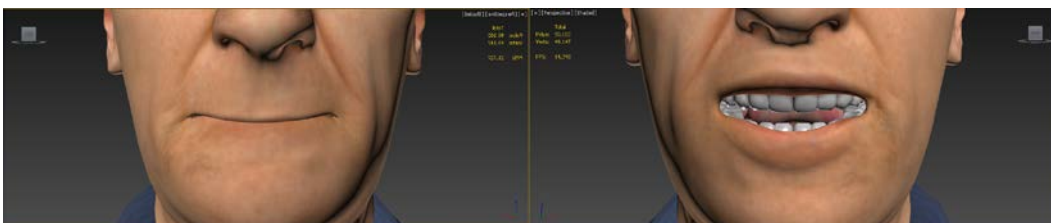


Figura 51 - Visemas m (izda.) y n (dcha.)

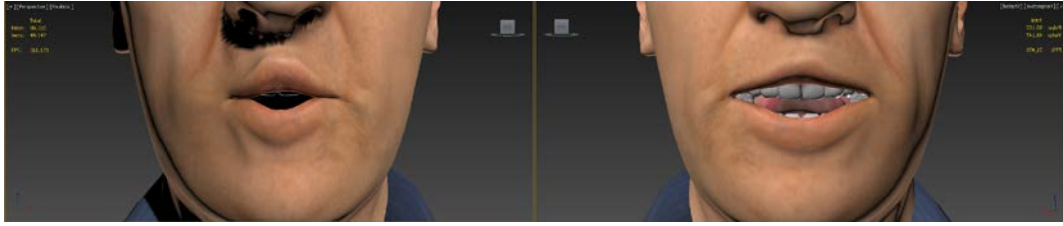


Figura 52 - Visemas o (izda.) y r (dcha.)



Figura 53 - Visemas s_x (izda.) y t (dcha.)



Figura 54 - Visema u (izda.) e y_ll_j (dcha.)

Animaciones de las emociones básicas

En este apartado se crean las animaciones de las emociones básicas: miedo, tristeza, ira, temores confirmados, alivio, alegría, satisfacción, asco/decepción y sorpresa. Para conocer la morfología facial y saber que huesos digitales mover y donde moverlos se toman como referencia las imágenes de las expresiones faciales de **Artanatomy** mostradas en el apartado 3.2.2 del proyecto y así ver que partes de la cara son afectadas, relacionarla con los huesos del personaje y con ese conjunto de movimientos de los huesos se reflejar una emoción determinada.

Para este tipo de animaciones se usan varios **huesos** de la cara, los cuales se pueden manipular en bloques con los controladores generados por **MakeHuman** para el sistema de *rigging* del personaje. Estos controladores de grupos, modifican en conjunto las siguientes partes: mejillas, nariz, labios, cejas, orejas y barbilla. Para cada emoción básica se deben generar dos animaciones: emotivas y objetivas. Se comienza creando la animación de la alegría, en la que se compara a modo de ejemplo con la expresión neutra, mientras que el resto de animaciones mostrará el resultado final.

Con el modelo en su expresión neutra original (ver parte izquierda de la Figura 62), se mueven los huesos de las comisuras unos puntos hacia arriba para la animación objetiva, así como en los bloques de las mejillas y las cejas. Para la animación emotiva se mueven todavía más hacia arriba los mismos puntos que para la anterior. Los movimientos citados de los bloques se indican en las flechas rojas de la Figura 55.

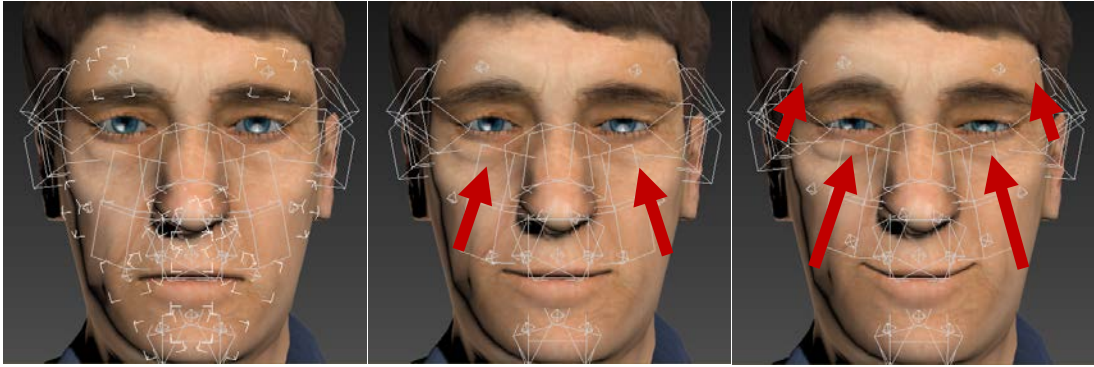


Figura 55 – Expresión neutra (izda.), alegre objetivo (centro) y alegre emotivo (dcha.)

Se desarrollan con el mismo proceso el resto de emociones básicas teniendo en cuenta los movimientos determinados por **Artanatomya**. Se listan continuación mostrando a la izquierda la vertiente objetiva y a la derecha la emotiva, con movimientos más acentuados que la anterior: “alivio” (ver Figura 56), “satisfacción” (ver Figura 57), “tristeza” (ver Figura 58), “ira” (ver Figura 59), “miedo” (ver Figura 60), “asco” (ver Figura 61), “sorpresa” (ver Figura 62) y “temores confirmados” (ver Figura 63).



Figura 56 - Expresión de alivio objetiva (izda.) y de alivio emotiva (dcha.)



Figura 57- Expresión de satisfacción objetiva (izda.) y de satisfacción emotiva (dcha.)



Figura 58 - Expresión de tristeza objetiva (izda.) y de tristeza emotiva (dcha.)



Figura 59 - Expresión de ira objetiva (izda.) y de ira emotiva (dcha.)



Figura 60- Expresión de miedo objetiva (izda.) y de miedo emotiva (dcha.)



Figura 61 - Expresión de asco objetiva (izda.) y de asco emotiva (dcha.)



Figura 62 - Expresión de sorpresa objetiva (izda.) y de sorpresa emotiva (dcha.)



Figura 63 - Expresión de temores confirmados objetiva (izda.) y de temores confirmados emotiva (dcha.)

Animaciones de los estados de ánimo

A continuación, se desarrollan las animaciones faciales específicas de los estados de ánimo de acuerdo a las conclusiones obtenidas citadas en el apartado 3.2.3. Como inspiración para animar todas estas expresiones se utilizará la búsqueda por imágenes de cada termino en internet [21] y se detallaran los movimientos realizados en los huesos en el Anexo C.5 Animación facial.

Los estados de ánimo no son tan expresivos en la representación facial ya que se acompañan de animaciones corporales y por ello se decide usar el controlador de la animación de **Unity** (ver apartado 2.4.5). Se comienza con el estado de exuberancia y se continua con el relajado, el aburrido, el ansioso, el dócil y el hostil.

Se listan continuación las animaciones desarrolladas y las expresiones ligadas a cada estado de ánimo: “estado exuberante” (ver Figura 64), “estado relajado” (ver Figuras 65 y 66), “estado aburrido” (ver Figuras 67 y 68), “estado ansioso” (ver Figura 69), “estado dócil” (ver Figura 70) y “estado hostil” (ver Figura 71).



Figura 64 – Expresión de arrogancia (izda.) y determinación (dcha.)



Figura 65 - Expresión de placer (izda.) e inhibición (dcha.)



Figura 66 – Expresión de duda



Figura 67 – Expresión del cansancio



Figura 68 – Secuencia de animación del bostezo



Figura 69 – Expresión del ansia



Figura 70 – Expresión de la timidez



Figura 71 – Expresión del enfado (izda.) y del desacuerdo (dcha.)

Resto de animaciones

En este apartado, se realizan aquellas animaciones que no pertenecen a ningún grupo concreto, pero que son necesarias para mejorar la comunicación natural del personaje. Entre estas expresiones se encuentran: el llanto (ver Figura 72) y la risa (ver Figura 73) ya que pueden aplicarse en cualquier tipo de personaje. Se muestran a continuación las secuencias de animación de cada una mientras que el proceso descriptivo se puede ver igualmente en el Anexo C.5 Animación facial.



Figura 72 - Secuencia de animación del llanto



Figura 73 - Secuencia de animación de la risa

El siguiente paso es repetir todo este proceso de generación de personaje y animaciones para la mujer (ver Figura 74 y 75), cuyo proceso de desarrollo se detalla paso a paso en el Anexo C.



Figura 74 - Vista de detalle facial modelo mujer



Figura 75 - Modelo mujer finalizado en 3DS Max

4.5 IMPLEMENTACIÓN EN EL MOTOR GRÁFICO

En este apartado se implementa el modelo en **Unity** para configurar aspectos como los materiales y la combinación entre animaciones para obtener resultados con una calidad realista y que puedan aplicarse a distintas aplicaciones con el fin de que el personaje pueda interactuar de manera natural con un usuario.

4.5.1 Configuración del personaje

Para preparar el modelo y las animaciones, se localiza el archivo del personaje principal, en pose T y acompañado de todos los mapas de textura se incluye en la escena, como se aprecia en la Figura 76.

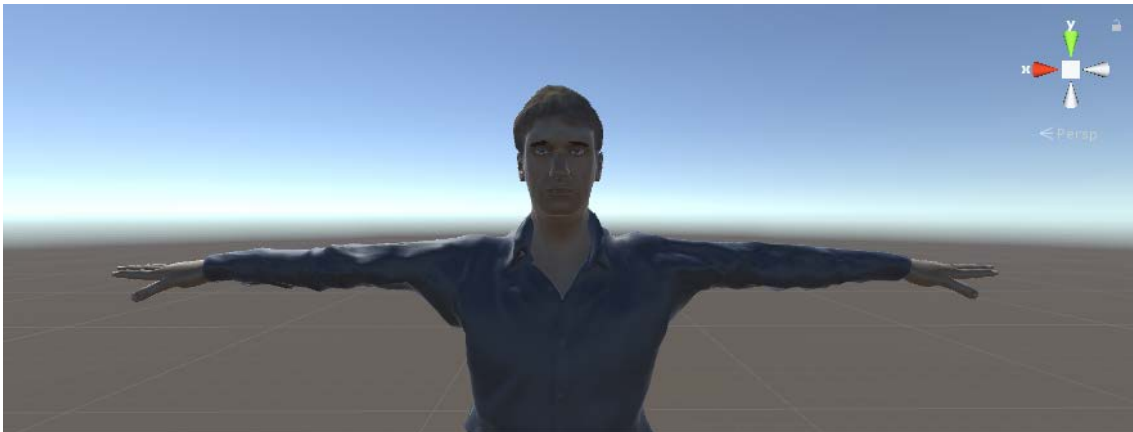


Figura 76- Modelo hombre importado en Unity

Unity genera unos materiales predefinidos iguales para todas las texturas importadas, por lo que el primer paso consiste en modificar estos materiales [22] para conseguir que la visión de los elementos del modelo sea correcta: piel, ojos, pelo, ropa, etc. Se ejecutan los cambios explicados en el Anexo C.6 Implementación en Unity, desde la propia biblioteca de *Materiales*. Se muestra el resultado en las Figura 77 y 78:



Figura 77 - Modelo con materiales mejorados



Figura 78 - Vista de detalle del modelo con materiales mejorados

4.5.2 Configuración de animaciones

El sistema de animación de **Unity** se basa en el uso de un solo modelo [23], denominado Avatar, sobre el cual se aplican las distintas animaciones generadas para él. Por ello, se selecciona desde la herramienta *Inspector* (ver Anexo C.6 Implementación en Unity para más información) el modelo base como Avatar y elegir el formato *generic* (ver Figura 79)

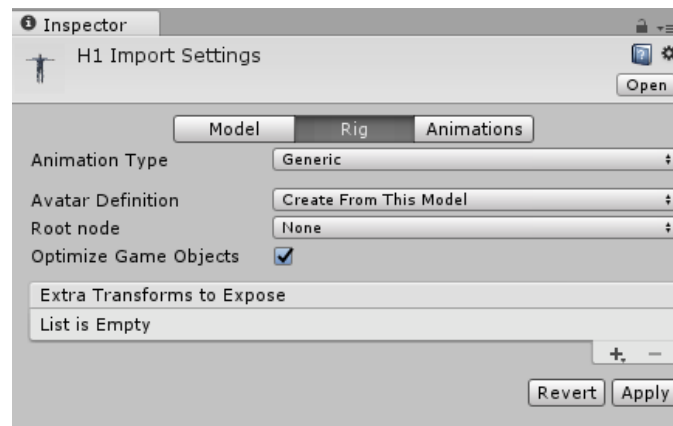


Figura 79 - Menú de Unity para crear el Avatar con la base del modelo

Tras esto, se seleccionan todas las animaciones importadas y se selecciona el modelo base que se ha definido como Avatar y se aplica un formato *generic* a todo el conjunto para comenzar a usarlas.

Generación de animaciones

Para generar secuencias de animación, **Unity** hace uso de la herramienta *Mecanim*.

Mecanim ofrece un sistema denominado Capas de animación. Este sistema superpone una o varias animaciones sobre otras de manera que las animaciones de las capas superiores predominan sobre las de las capas inferiores. En caso de que en dos animaciones se ejecuten movimientos para los mismos huesos, la animación de la capa que esté por encima de la otra será la que defina los movimientos que deben ejecutarse en la secuencia. En el caso de este Proyecto, se crea una capa para las animaciones faciales y otra para las corporales (ver Anexo C.6 Implementación en Unity).

Una vez creadas las capas, se deben arrastrar las animaciones a estas, creando los denominados controladores de animación. En la Figura 80 se observa como en la capa “Animación cuerpo” se ha implementado la animación corporal de Risa para que se ejecute en primera estancia una vez se inicie el programa.

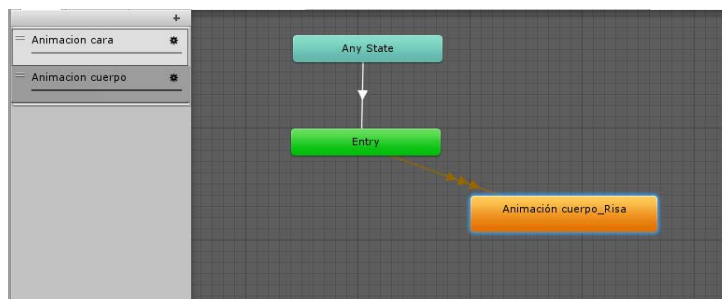


Figura 80 - Animación cuerpo en el entorno Mecanim de Unity

Se realizan los mismos pasos para la animación facial de la risa en su capa respectiva. El próximo paso consiste máscaras de capa (ver Figura 81), en la que se establece que zona del cuerpo debe mostrar o no las animaciones generadas. En la capa facial se selecciona como máscara todas las zonas del cuerpo menos la cara, con el objetivo de que tan solo se muestren aquellos movimientos en los huesos realizados en el conjunto facial.

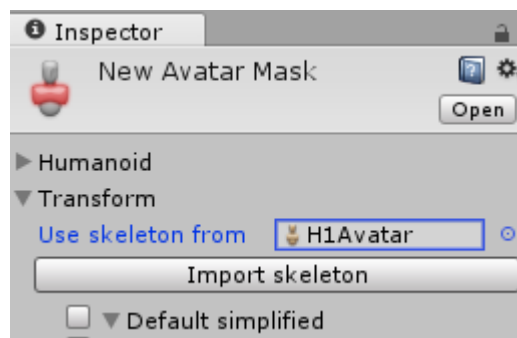


Figura 81 - Creación de máscara de capa desde la herramienta Inspector en Unity

Finalmente, se ejecuta la aplicación para visualizar la animación resultante de los movimientos faciales (ver Figura 82) y corporales (ver Figura 83 para visualizar tres *frames* de la secuencia).



Figura 82 - Vista de detalle animación completa Risa



Figura 83 - Secuencia de animación Risa del modelo en Unity

Se repite todo el proceso para el modelo de la mujer (ver Figura 84) y con esto, se concluye la preparación de los personajes para su uso en **Unity**.



Figura 84 – Modelo femenino implementado en Unity

5.RESULTADOS FINALES

Los personajes virtuales desarrollados son modelos 3D, con una malla formada por un total de aproximadamente 20.000 polígonos entre todas las partes y un sistema de 163 huesos y elementos encargados de mover tanto el cuerpo como los detalles de la cara. Los modelos poseen un conjunto de mapas de textura que comprenden la piel, los ojos, el pelo, las cejas, las pestañas, la lengua, la mandíbula y la ropa. En la Figura 85 se puede ver el resultado de ambos modelos importados y preparados en **Unity**.



Figura 85 - Render de ambos personajes en Unity

Están preparados para funcionar correctamente en cualquier escenario virtual desarrollado en la aplicación y ser programados con una base de animaciones resultado de: un conjunto de animaciones corporales generadas en **Mixamo** y otro conjunto de animaciones faciales creadas en **3DSMax**. Cada personaje tiene un total de 145 animaciones (ver Anexo D.2 Listado de animaciones y descripción), de las cuales 33 tienen una animación objetiva y otra emotiva:

- 17 son visemas
- 13 de movimiento al andar en distintas variantes según el estado de ánimo que tome el personaje
- 4 animaciones de los ojos para mirar a distintos lados y crear variedad y realismo en una conversación en la que el personaje va a mirar directamente al usuario.
- 45 animaciones de cuerpo y gestos generales o relacionados con los estados de ánimo
- 11 animaciones corporales relacionadas con los estados de ánimo
- 14 animaciones faciales relacionadas con los estados de ánimo y movimientos naturales
- 23 animaciones de diferentes gestos y estados de ánimo con el modelo sentado
- 18 animaciones para las emociones básicas

Por lo tanto, entre el modelo el hombre y la mujer supone un total de 290 animaciones desarrolladas para este proyecto. Las posibilidades de combinación de animaciones son cuantiosas, debido a factores como: poder contar por separado entre animaciones faciales y corporales, poder combinar además faciales con otras faciales y corporales con otras corporales

(estableciendo las relaciones de predominancia entre unas y otras) y diferenciar entre animaciones emotivas y objetivas.

Finalmente, se muestran algunos renders con secuencias de animaciones de ambos personajes en **Unity** para visualizar los resultados finales (ver Figuras 86, 87 y 88).

Figura 86 - Secuencia animación señalar a un lado - Mujer



Figura 87- Secuencia animación caminar espalda erguida - Hombre



Figura 88 - Secuencia animación señalar con el dedo sentado - Hombre

6. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Tras la realización de este trabajo, se puede concluir que se han alcanzado los objetivos propuestos ya que se han diseñado y animado dos personajes virtuales capaces interactuar cara a cara con un usuario de una manera realista y transmitir emociones durante dicha comunicación. Para lograrlo se ha seguido una metodología estructurada en fases que ha posibilitado cumplir con la planificación establecida. La fase analítica basada en el estudio del modelado y posteriormente el estudio de las herramientas capaces de modelar y animar entes virtuales, ha permitido conseguir un flujo de trabajo simple y eficaz para la creación de los personajes virtuales. En la fase de diseño se ha estudiado la comunicación verbal y no verbal del ser humano y se han definido las animaciones que permiten mostrar las distintas emociones básicas, estados de ánimo, patrones de comportamiento, visemas y movimientos naturales para llevarlas a cabo en la fase de desarrollo.

La calidad resultante de la malla y las texturas es satisfactoria, con detalles de la piel como arrugas, poros y manchas. La tipología permite unas animaciones faciales realistas debido a la correcta disposición de los polígonos y el esqueleto virtual permite mover todas las partes del cuerpo, incluidos los músculos de la cara.

Los modelos y sus animaciones han sido exportados para trabajar en el motor gráfico de **Unity**. En esta herramienta se pueden mezclar las diversas animaciones para mostrar las expresiones que defina el usuario. Por lo tanto, pueden utilizarse en una gran cantidad de aplicaciones, como, por ejemplo: presentadores virtuales, tutores o profesores virtuales, pacientes para tratar casos médicos o psicológicos e incluso en videojuegos.

Profesionalmente se han adquirido conocimientos técnicos sobre todo el proceso de modelado y animación 3D. Se ha aprendido a usar una gran variedad de programas y herramientas: **3DS Max**, **MakeHuman**, **Mixamo**, **Unity**, y **Zbrush** entre otros. Además, se han enriquecido los conocimientos sobre el comportamiento del ser humano en la comunicación, y como plasmar estos conceptos en un personaje virtual.

Personalmente ha supuesto un reto con el que se ha aprendido, divertido y logrado un resultado que poder mostrar con orgullo y que otras personas podrán usar y aprender de él.

Como líneas de trabajo futuro, se considera:

- El uso de los personajes en distintos tipos de aplicaciones en las que un usuario interactúe cara a cara con estos. Por ejemplo, en aplicaciones de enseñanza en las que el personaje pueda funcionar como tutor o paciente virtual.
- Usar el método de la captura del movimiento con cámaras de vídeo y trajes especiales con marcadores para un mayor número de animaciones corporales de mayor calidad
- Usar herramientas de captura de movimiento facial como Face Plus (herramienta de pago), que permiten conseguir un nivel de realismo mayor en comparación con la animación manual grabar directamente los gestos efectuados por el usuario con cualquier cámara conectada al ordenador.
- Usar texturas de mayor resolución y materiales de mayor calidad que muestren detalles aún más pequeños y sutiles, como pueden ser las venas o las irregularidades de la piel.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Es.wikipedia.org. (2017). *Modelado 3D*. [online] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_3D.
- [2] Es.wikipedia.org. (2017). *Malla de triángulos 3D*. [online] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Malla_de_tri%C3%A1ngulos_3D.
- [3] Es.wikipedia.org. (2017). *Mapeado de texturas*. [online] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Mapeado_de_texturas.
- [4] Arch.virginia.edu. (2017). *3D Animation: Keyframing*. [online] Disponible en: <http://www.arch.virginia.edu/arch545/handouts/keyframing.html>.
- [5] Es.wikipedia.org. (2017). *Morph target animation*. [online] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Morph_target_animation.
- [6] Marionette Studio. (2017). *Skeletal Animation - Animate objects using hierarchical bones*. [online] Disponible en: <https://marionettestudio.com/skeletal-animation/>.
- [7] Ite.educacion.es. (2017). *Skinning | Blender: 3D en la educación*. [online] Disponible en: <http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/181/cd/m10/skinning.html>.
- [8] Ite.educacion.es. (2017). *Rigging | Blender: 3D en la educación*. [online] Disponible en: <http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/181/cd/m10/rigging.html>.
- [9] Es.wikipedia.org. (2017). *Renderizado 3D*. [online] Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Renderizado_3D.
- [10] Blog sobre Retención y Desarrollo del Capital Humano. (2017). *Comunicación verbal y no verbal, diferencias y bases | Capital Humano*. [online] Disponible en: <http://blog.grupo-pya.com/comunicacion-verbal-no-verbal-diferencias-bases/>.
- [11] Infor.uva.es. (2017). *Visualización de Visemas*. [online] Disponible en: <https://www.infor.uva.es/~descuder/proyectos/boca/datos/visemas.html>.
- [12] Ellis, A. and Dryden, W. (1990). *The essential Albert Ellis*. New York: Springer.
- [13] Mehrabian, A. (n.d.). *Nonverbal communication*.
- [14] Ekman, P. (n.d.). *Emotion in the human face*.
- [15] Ortony, A., Clore, G. and Collins, A. (2015). *The cognitive structure of emotions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [16] Schwab, J. (1989). *The Satir approach to communication*. Palo Alto, Calif.: Science and Behavior Books.

- [17]** Artnatomia.net. (2017). *ARTNATOMY/ARTNATOMIA - INICIO*. [online] Disponible en: <http://artnatomia.net/es/index.html>.
- [18]** Pablomarcos.net. (2017). *Siempre es mejor utilizar FBX antes que OBJ en Unity3D – Pablo Marcos*. [online] Disponible en: <http://www.pablomarcos.net/siempre-es-mejor-utilizar-fbx-antes-que-obj-en-unity3d/> .
- [19]** YouTube. (2017). *ZBrush 4R2 - Spotlight head texturing*. [online] Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=_tT5pyns8zg .
- [20]** Cgarena.com. (2017). *3ds Max Tutorials - CGArena*. [online] Disponible en: <http://www.cgarena.com/freestuff/tutorials/tutorials.html>.
- [21]** CGTalk. (2017). *Particle Flow Crying Tears | FelixChengDesign | CGSociety Forums*. [online] Disponible en: <http://forums.cgsociety.org/showthread.php?f=6&t=1325521> .
- [22]** Wiki.unity3d.com. (2017). *Skin Shader 3 - Unify Community Wiki*. [online] Disponible en: http://wiki.unity3d.com/index.php/Skin_Shader_3 .
- [23]** Technologies, U. (2017). *Unity - Manual: Animation Blend Shapes*. [online] Docs.unity3d.com. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/Manual/BlendShapes.html>.



ANEXOS



ANEXO A - Estudio de personajes, aplicaciones y herramientas del modelado y animación 3D

En este anexo se amplía el estudio realizado sobre personajes, aplicaciones de estos y herramientas del modelado y la animación 3D. Se comienza por el análisis de los personajes virtuales disponibles

A.1 Análisis de los modelos actuales

En este apartado se analiza el acceso a diferentes modelos con el fin de poder aprovechar alguna parte que pueda ayudar a la realización del modelo, como pueden ser detalles como la ropa, el esqueleto o incluso basarse en algunas animaciones ya definidas. Se divide el estudio entre los modelos de los que dispone el GIGA Affective-Lab la Universidad de Zaragoza y los que se pueden encontrar en Internet.

A.1.1 Universidad de Zaragoza

Actualmente el grupo GIGA Affective-Lab dispone del acceso a tres personajes virtuales humanoides creados en la Universidad de Zaragoza. Estos son Maxine, Pilar y Dave. El primer modelo de todos es Maxine (ver Figura 89) es un modelo con apariencia humanoide femenina, pero con la robótica como estética dominante desarrollado para un entorno gráfico específico. El modelo tiene distintas animaciones como algunos visemas, las emociones faciales y algunas animaciones de cuerpo entero.

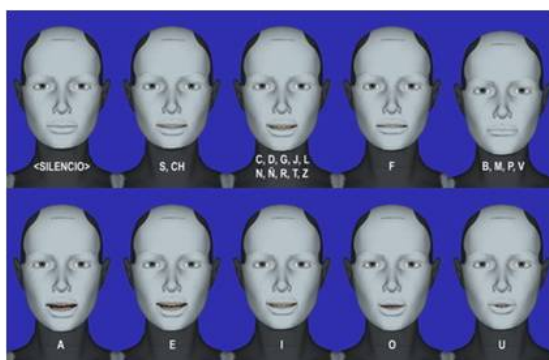


Figura 89 - Distintos visemas en Maxine

Este modelo no se escoge debido a su apariencia robótica, pero se aprovechará el desarrollo de sus animaciones como modelo en el que basarse para ejecutar los movimientos de los huesos. En segundo lugar, se encuentra Pilar (ver Figura 90). Es un modelo de género femenino, desarrollado en el programa **3DS Max** y animado con el objetivo de mostrar el lenguaje de signos, realizado a través del movimiento de las manos. También cuenta con una serie de animaciones del cuerpo entero como andar, cruzar las piernas, etc.



Figura 90 - Pilar

Pilar es un modelo que se podría adecuar a las condiciones de diseño de los personajes virtuales. Ya que es una mujer adulta, con vestido formal y apariencia normal.

Por último, encontramos a Dave (Ver Figura 91) es un modelo de género masculino, desarrollado en el programa **3DS Max**. Cuenta con varias animaciones predefinidas, tales como: alegría, tristeza, miedo, asco, enfado, sorpresa y otros movimientos del cuerpo como andar, cambiar el peso, entre otros.



Figura 91 - Dave

Dave también podría servir como modelo de edad adulta y apariencia normal, quizás un poco más joven de lo requerido. Pilar y Dave modelos poseen un conjunto de partes que se divide en: cuerpo entero, cabeza, mandíbula inferior y superior, lengua, ambos ojos, camiseta, pantalones, cinturón y zapatos. Todo ello con sus correspondientes texturas y canales alfa con sus archivos independientes. Disponen de un esqueleto completo, desde los ojos hasta las falanges de cada dedo.

Se comprueba que los personajes no disponen de animaciones suficientes para mostrar todos los requerimientos de la comunicación verbal y no verbal, ya que faltarían determinados gestos, estados de ánimo y patrones de comunicación en todos ellos. El número de huesos del que disponen podría entrar en conflicto a la hora de desarrollar animaciones faciales más complejas. Además, la calidad de la malla y de las texturas se ve afectada negativamente al comparar con modelos actuales debido a su fecha de desarrollo años atrás.

Es por ello que se decide prescindir del uso de estos modelos para el Proyecto, aunque sin duda, se utilizará el desarrollo de sus animaciones como puntos a tener en cuenta a la hora de animar.

A.1.2 Internet

En internet existen multitud de páginas web especializadas en ofrecer modelos 3D, de manera gratuita o no, dependiendo de la calidad del modelo y las características que ofrece.

A continuación, se muestra en la Figura 92 algunos de los modelos de pago más baratos, mientras que en la Figura 93 se muestran algunos modelos gratuitos, con el fin de visualizar y conocer a qué clase de modelos se pueden acceder por internet y sus características.

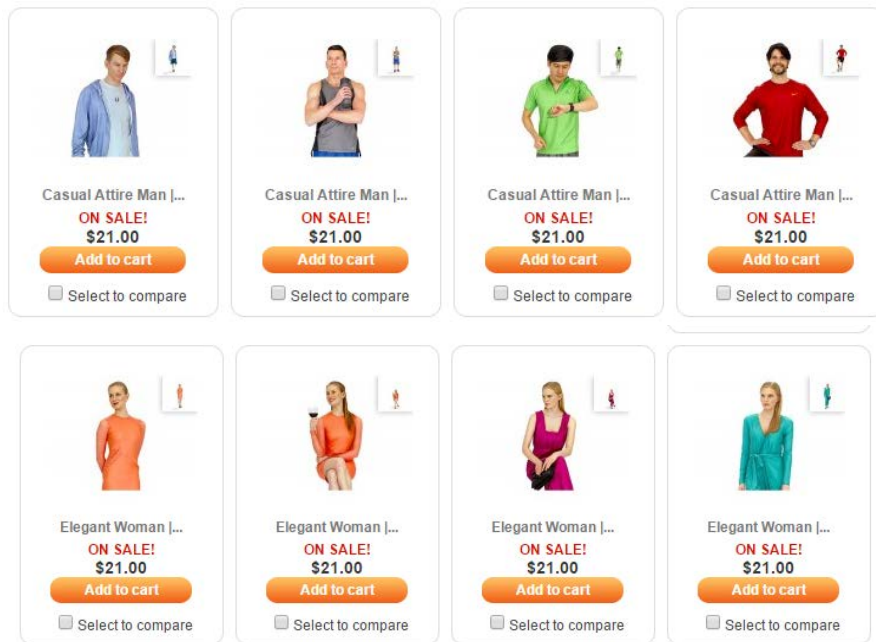


Figura 92 - Modelos de hombre y mujer de pago - CGIRiver

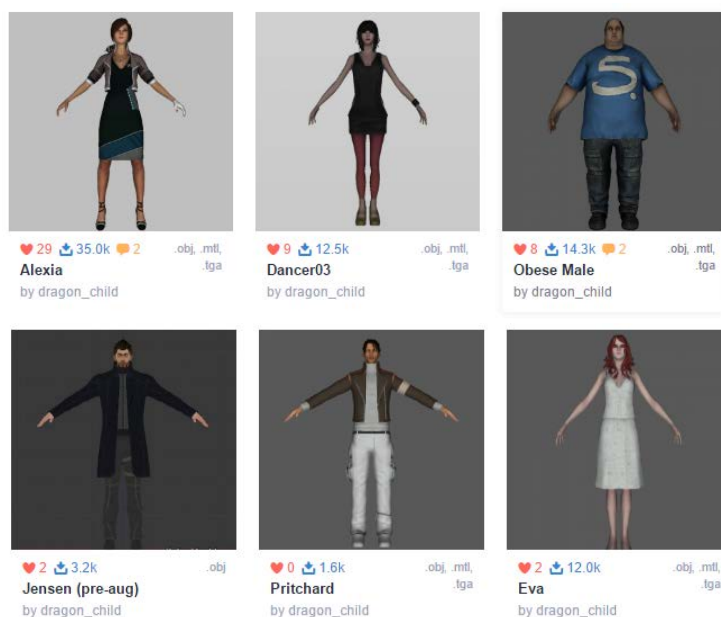


Figura 93 - Modelos de hombre y mujer gratuitos - FREE3DModels

Los modelos de pago poseen una calidad de malla y texturizado superior, además algunos de ellos poseen un sistema esquelético con el que poder animar el modelo. No obstante, sus desventajas son el precio y que algunos de ellos no cuentan con un sistema de huesos facial lo suficientemente detallado. Los modelos gratuitos generalmente tienen una calidad baja y no poseen ningún tipo de esqueleto virtual y la topología suele ser de baja calidad.

A.2 Aplicaciones que usan personajes virtuales

El uso de personajes virtuales está muy extendido en el campo de los simuladores para el aprendizaje, también llamados educativos o didácticos, son aplicaciones orientadas a que los usuarios, partiendo de conocimientos previos, desarrollen competencias que forman parte de su programa educativo o formativo. Plantean situaciones en las que el estudiante debe resolver casos, tareas o problemas. Asimismo, su naturaleza didáctica hace especialmente relevante la inclusión de un sistema de evaluación que ofrezca al usuario pistas sobre cómo continuar con la navegación, así como retroalimentación sobre las decisiones tomadas y un sistema de puntuación o similar que cuantifique la experiencia del usuario.

Por tanto, se busca crear un entorno de inmersión con escenarios virtuales en el que poner en práctica los conocimientos adquiridos o adquirir conocimientos por la práctica. Los simuladores formativos están pensados para dar respuesta a las necesidades de la formación reglada, pero también es de utilidad para la formación continua. Se plantean actividades basadas en casos, tareas y problemas. Aprender haciendo.

Para acotar el estudio de mercado, se ha decidido estudiar la empresa que más avanzada está en este campo: Institute for Creative Technologies, no solo por la cantidad y variedad de programas realizados y puestos en práctica, sino por la alta calidad de animaciones, modelos e historias creadas para tareas y misiones muy específicas. El ICT (Institute for Creative Technologies) de la Universidad de California, establecido en 1999, lleva años trabajando en diversos proyectos relacionados con la asistencia de humanos virtuales, dando lugar a proyectos que van desde el entrenamiento para oficiales militares hasta el uso de dos modelos virtuales que sirven como guía animada de un museo.

Trabajan en colaboración con el Laboratorio de Investigación del ejército de los EE.UU. y diversas instituciones que realizan proyectos en la vanguardia de la ciencia y la innovación (ver ejemplo de museo virtual en Figura 94).



Figura 94 - Personajes virtuales holográficos de ICT

Entre sus paredes se encuentran artistas de la industria del cine y videojuegos, especialistas de la sociología y científicos que aúnan sus esfuerzos para desarrollar medios de inmersión que ayuden a los usuarios afectados a mejorar su formación o calidad de vida.

El siguiente paso es analizar dichas aplicaciones para ver cómo se han orientado, desarrollado, cantidad de opciones, limitaciones y calidad del modelo.

Para ello, se dividirán los programas por temáticas, aportando una breve descripción y una serie de características reseñables, así como un apartado de virtudes y defectos.

A.2.1 Entrenamiento militar

Emergent Leader Immersive Training Environment (ELITE)

Este programa dirige el liderazgo y la orientación básica para líderes juveniles del Ejército de EE.UU. La experiencia ELITE incorpora herramientas de seguimiento de datos en tiempo real con un humano virtual para evaluar la respuesta en el aula y para apoyar la instrucción, la práctica y la evaluación de las habilidades de comunicación interpersonal (ver Figura 95).



Figura 95 - Personaje virtual de la aplicación ELITE

Mientras que el Ejército reconoce que las habilidades de comunicación son importantes, los líderes más jóvenes a menudo reciben pocas o ninguna oportunidad de practicar habilidades interpersonales importantes. Gracias a ELITE, se pueden usar las sesiones de juego de rol en vivo. En un esfuerzo por proporcionar un marco estructurado para la enseñanza y la práctica de habilidades de comunicación, ELITE reemplaza un jugador de rol humano con un humano virtual de tamaño natural. El componente humano virtual soluciona los problemas inherentes a vivir las sesiones de práctica de juego de roles que no pueden ser fácilmente estandarizados.

Características

- Diversos modelos detallados, con buena calidad de luces, texturas y colores.
- Personajes sentados, animaciones en brazos y cabeza. Pocas expresiones faciales.
- Un solo tipo de escenario con detalle moderado.
- Interfaz no demasiado intrusiva y con gran cantidad de estadísticas.

- El programa ha entrenado a 1200 soldados desde 2012.

Immersive Naval Officer Training System (INOTS)

Totalmente igual a ELITE, pero orientado a la Marina Naval de los Estados Unidos (ver Figura 96)



Figura 96 - Personaje virtual de INOTS

Características

- Modelo de calidad similar al de ELITE
- Escenario más detallado y variado
- Posibilidad de proyectar en pantalla (Realidad aumentada)
- Misma interfaz que en ELITE
- El programa ha entrenado a 12000 soldados desde 2012. Terapias de recuperación

Motivational Interviewing Learning Environment and Simulation (MILES)

MILES (ver Figura 97) propone a los futuros terapeutas la oportunidad de mejorar las habilidades de comunicación y trato psicológico con miembros, veteranos o personas con familiares afectados por la guerra gracias a la práctica con un paciente virtual. Esta extraordinaria herramienta permite a los instructores a guiar a estudiantes de trabajo social con interacciones entre cliente y terapeuta con un veterano de guerra simulado a través de múltiples opciones que evaluarán el progreso de una sesión terapéutica.

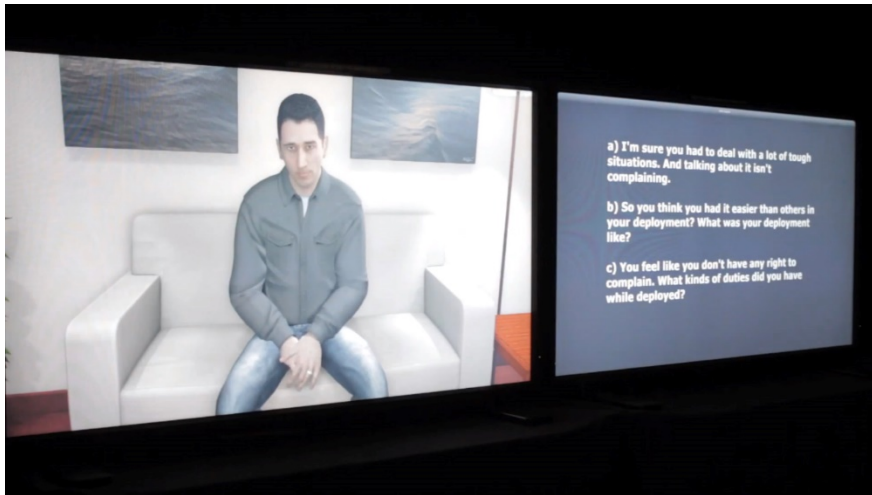


Figura A.97 - Personaje virtual de MILES

Características

- Mismo modelo que en INOTS, con diferente atuendo.
- Escenario realista, simple y poco cargado.
- Interfaz en segunda pantalla. Aumenta inmersión por la poca intrusividad, pero el diseño se queda escueto y demasiado simple.
- Altos niveles de aceptación entre estudiantes.

Simulated Threat Assessment Trainer (STAT)

En STAT, los usuarios asumen el papel de un administrador y un psicólogo que actuarán a través de escenarios en los que deben responder a una amenaza o conductas agresivas con entrevistas de evaluación de un estudiante virtual, para decidir cómo manejar la situación (ver Figura98).

La experiencia STAT sirve para poner en práctica los conceptos y técnicas aprendidas según los principios de gestión de las conductas amenazadoras: calmar, preguntar, escuchar y motivar (CALM por sus siglas en inglés).



Figura 98 - Personaje virtual de STAT

Estas habilidades se evaluarán gracias a una interfaz de seguimiento que puntuará cada uno de los aspectos que puedan aportar opciones de ayuda al paciente.

Características

- Muy buena calidad del cuerpo, vestimenta y texturas.
- Escenario único muy rico en detalles.
- Interfaz sencilla y minimalista, con gran cantidad de opciones de seguimiento didáctico.

A.2.2 Educación científica

CANVAS

CANVAS (ver Figura 99) es una aplicación desarrollada por Ada Asks que permite a los educadores crear rápidamente videos interactivos de temática animada para posteriormente compartirlos en la página web.



Figura 99 - Personaje virtual de CANVAS

Estos videos tienen como protagonista a Ada, una científica que responderá a los pequeños estudiantes preguntas relacionadas con la ciencia, como, por ejemplo, que nos pueden contar las nubes sobre el clima.

Características

- Modelo muy sencillo, pensado para un público infantil.
- Muestra una gran cantidad de animaciones corporales en sus vídeos.
- Escenarios muy detallados y con gran variedad.
- Interfaz casi inexistente. El personaje es el que toma el control de todas las explicaciones.
- Comunidad online. Cada usuario puede desarrollar el entorno que crea más conveniente para explicar preguntas científicas.

A.2.3 Medicina

USC Standard Patient Hospital

Esta aplicación, aun en desarrollo, es una comunidad gratuita online donde estudiantes de medicina, residentes y fisioterapeutas pueden mejorar sus habilidades de entrevista y

diagnóstico de problemas con diversos pacientes virtuales creados por los miembros de la comunidad (ver ejemplo en Figura 100).

Esto permite aumentar la cantidad de situaciones en las que practicar gracias a la participación de todo aquel que quiera aportar los problemas, por minuciosos que parezcan, que puede llegar a sufrir un paciente, así como el aporte de soluciones que dichos problemas puedan asumir.



Figura 100 - Personaje virtual de USC

Características

- Gran cantidad de modelos, con un detalle considerable.
- Un escenario para cada personaje. Alto nivel de detalle.
- Interfaz intrusiva a la hora de tomar decisiones, toma un tercio de la pantalla.
- Posibilidad de personalizar preguntas y respuestas, con un gran abanico de opciones.

A.2.4 Programación y utilidades

Personal Assistant for Life Long Learning (PAL3)

PAL3 es un sistema de educación computacional disponible también para dispositivos móviles. Está diseñado para proporcionar formación en diversos puestos de trabajo y apoyar el aprendizaje permanente y la evaluación continua.

El sistema cuenta con una biblioteca de recursos de formación de contenido personalizado y tutoriales predeterminados que ayudan a los estudiantes en tareas como programar en Java, diseñar un circuito, preguntas relacionadas con la física, etc. El registro del aprendizaje aporta información sobre que hacen los estudiantes, su nivel de dominio o que necesitan para alcanzar los objetivos (ver Figura 101).

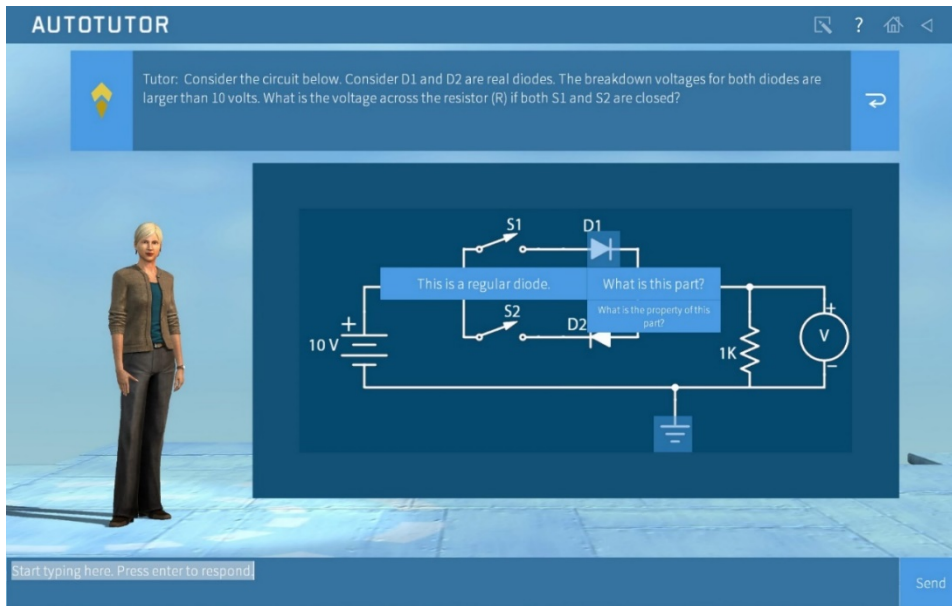


Figura 101 - Personaje virtual e interfaz de PAL3

Características

- Diferentes tutores virtuales con un buen nivel de detalle. Uso de modelos de robots para acompañar al tutor.
- Escenario prácticamente nulo. El color azul es el protagonista de la pantalla.
- Interfaz sencilla, limpia y completa. Cuenta con un gran número de opciones y ventanas que ayudan de manera eficaz a encontrar todo tipo de datos para el usuario.

A.2.5 Salud y bienestar

SimCoach

SimCoach es un entrenador personal (ver Figura 102) que en base a una serie de preguntas e información es capaz de aportar datos y consejos sobre la salud y el estado del usuario a modo de tareas, ejercicios físicos y psicológicos para mejorar las capacidades de éste.



Figura 102 - Personaje virtual de SimCoach

Características

- Modelo muy detallado. Las texturas no tienen mucha resolución.
- Escenario muy detallado, con una iluminación y texturas de gran calidad.
- Interfaz demasiado intrusiva. Muy poco espacio para el personaje virtual.

A.3 Herramientas analizadas

Se estudian a continuación las herramientas capaces de generar y animar modelos 3D, ya que permiten definir a gusto del usuario las características del modelo, y realizar las animaciones en este según el propósito que se desee. En el apartado 2.4 del Proyecto, se detallan los programas escogidos para el desarrollo del ejercicio.

A.3.1 Generación de personajes

Estas herramientas permiten generar modelos de personajes humanos virtuales muy completos, con diversos parámetros para modificar como pueden ser la altura, la forma, la edad o el sexo del personaje.

Se pueden crear las distintas partes que se añaden a la malla base del modelo, como los ojos, las pestañas, las cejas, la dentadura, la lengua y diversos tipos de vestimenta. A cada una de estas mallas se le asignan unas texturas predefinidas que acompañan a lo objeto, y en algunos casos se puede escoger entre varias de ellas.

También ofrecen la posibilidad de aportar directamente un esqueleto completo, con un número de huesos considerable con el que poder realizar e imitar los movimientos de un ser humano con el sistema de *skinning* ya realizado.

Según la herramienta, el esqueleto puede poseer también un sistema facial, con múltiples huesos repartidos por la cara que permiten la modificación de distintos rasgos faciales como las mejillas, los labios, los párpados, las cejas, etc.

MakeHuman

MakeHuman es desarrollado 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, ancho, edad, etc. (ver Figura 103).

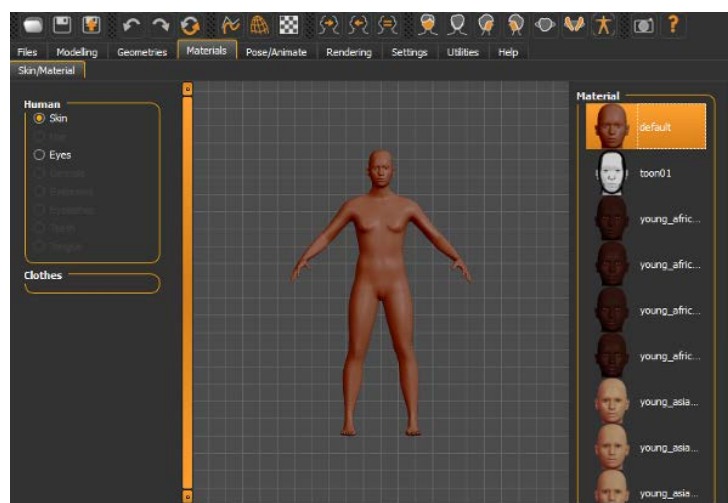


Figura 103 - Menú inicio MakeHuman

Por ejemplo, desde los controles de edades (bebé, adolescente, joven y mayor), es posible obtener todos los estados intermedios. Usando esta tecnología, con una larga base de datos de objetivos de *morphing*, es visualmente posible reproducir cualquier carácter. **MakeHuman** presenta una interfaz gráfica de usuario simple para acceder fácilmente al manejo de cientos de *morphings*. El enfoque de **MakeHuman** es usar controles con parámetros comunes como peso, edad, género, etnicidad y musculatura.

La herramienta está especialmente diseñada para el modelado virtual de humanos (ver Figura 104), con un simple y completo sistema de poses que incluye simulación muscular de movimiento. La interface es mucho más fácil de utilizar, con un acceso rápido e intuitivo a los numerosos parámetros requeridos en el modelado de formas humanas.

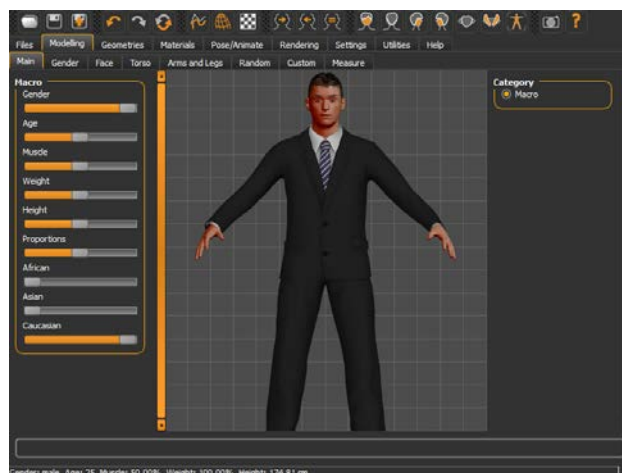


Figura 104 - Personaje creado en MakeHuman

El desarrollo de **MakeHuman** deriva de un estudio artístico y técnicamente detallado de las características morfológicas del cuerpo humano. El trabajo se maneja mediante *morphing*, usando interpolaciones lineales de traslación y rotación, con estos dos métodos combinados en un simple cálculo de un factor de formas y un algoritmo de relajación de mallas, es posible adquirir resultados como la simulación muscular de movimientos que acompaña la rotación de las extremidades.

Adobe Fuse

La actualización de noviembre de la suite Creative Cloud de **Adobe** ha mejorado la experiencia de uso en algunos programas y añadido funciones aquí y allá. Pero la gran novedad es la introducción de una herramienta de modelado 3D a esta familia de software: Adobe Fuse CC (ver Figura 105).

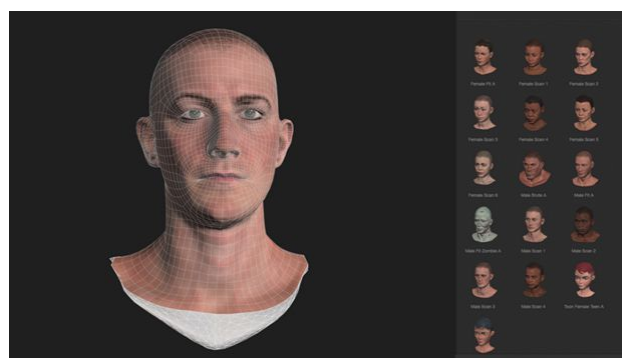


Figura 105 - Modelo de cara en Fuse CC

Fuse no es un programa de modelado 3D propiamente, como **Maya Autodesk** o **Cinema 4D**, más bien es una aplicación ligera que trabaja en sintonía con otros programas de la suite como **Photoshop** y que permite crear personajes tridimensionales. Tiene una interfaz sencilla e intuitiva, se aleja de las complicaciones comunes en este tipo de software y funciona a base de librerías.

Elige las partes del cuerpo; personaliza el tono de piel, la musculatura, los rasgos y el pelo; selecciona el tipo de vestimenta y las texturas de la ropa. Con los intuitivos controles deslizables se pueden cambiar las proporciones, contornos de la cara y expresiones faciales con facilidad. Tan sencillo como esto. Adobe Fuse recuerda al editor de personajes de Los Sims, pero con un resultado fotorrealista y de calidad (ver Figura 106).

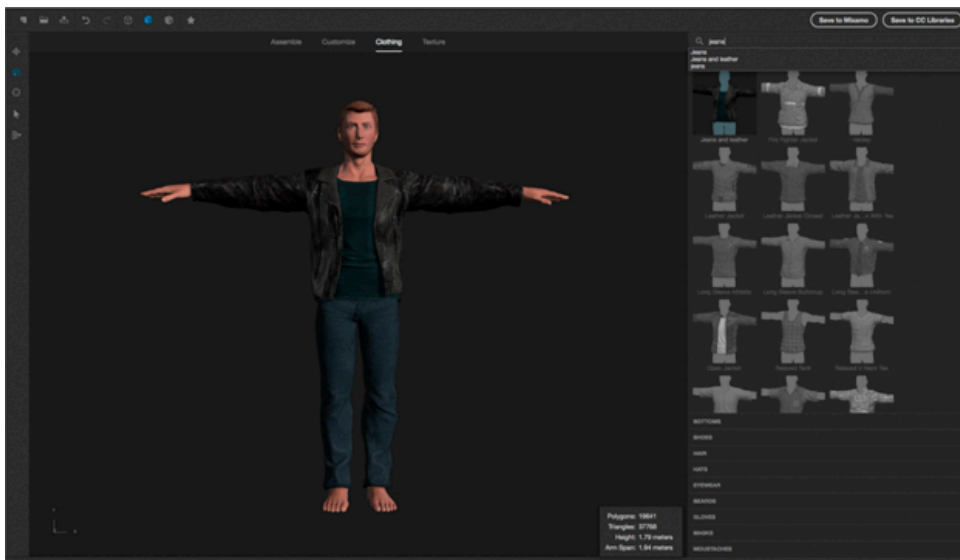


Figura 106 - Personaje creado en Fuse CC

Una vez creado el modelo 3D se puede enviar a **Photoshop** para aplicar animaciones o poses personalizables (hasta cierto punto). Solo hay que colocar el personaje en alguna de las bibliotecas de Adobe Creative Cloud para después arrastrarlo a **Photoshop** CC. Ajustar los movimientos del personaje, incluso después de colocarlo en una escena, es muy sencillo.

Adobe Fuse es el resultado de la compra de **Mixamo**, una compañía de animación 3D cuyo software permitía crear personajes en cuestión de segundos. La rapidez es la principal característica de esta herramienta. Por ejemplo, al cambiar el tamaño y las proporciones de nuestro personaje 3D, la ropa y sus texturas se adaptarán automáticamente a la nueva escala.

Autodesk Character Generator

La firma de software Autodesk ha lanzado un nuevo servicio basado en la nube que ayuda a los desarrolladores de videojuegos a crear personajes en 3D mucho más rápidamente que si lo hicieran con su propio hardware.

Se ha definido bajo el nombre de **Autodesk Character Generator** y permite a los usuarios crear todos los elementos de un personaje desde el cuerpo y la cara hasta el pelo y la ropa. Los resultados de este proyecto, listos para animar, se pueden exportar para usarlos en otras aplicaciones de Autodesk, como Maya, **3DS Max** o **Unity**. Este servicio ha nacido de la tecnología previa de la compañía, conocida como "Proyecto Pinocho", que entró en fase de pruebas beta el año pasado, y puede ser utilizado por cualquier persona de forma gratuita (ver Figura 107).

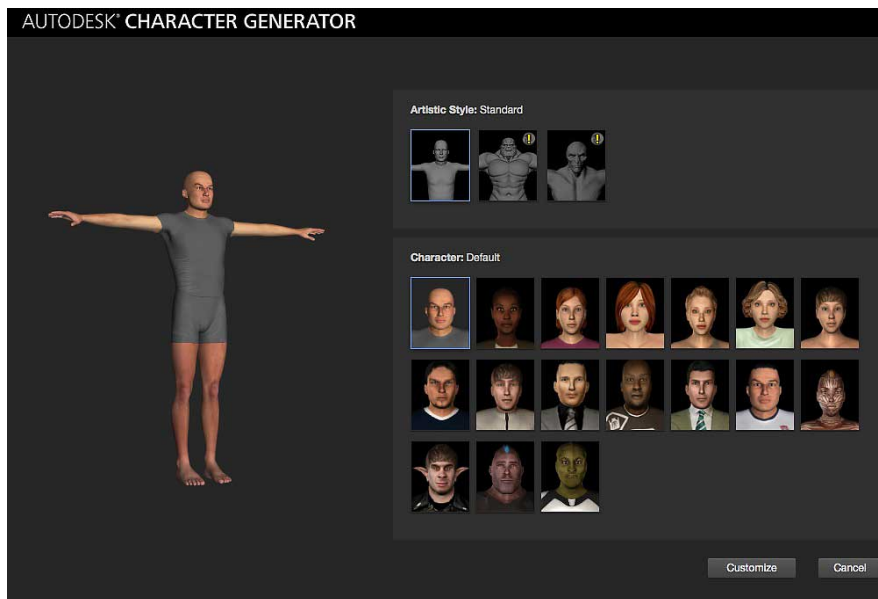


Figura 107 - Modelo base de Autodesk Character Generator

Sin embargo, los Cloud Credits de Autodesk son necesarios para acceder a las características avanzadas, como la descarga en alta resolución de los personajes.

Las funciones principales que ofrece **Autodesk Character Generator** son:

- Mezcla de los rasgos de dos personajes originales: permite elegir dos personajes de origen desde una biblioteca de modelos de hombres, mujeres y de "fantasía" para mezclarlos y crear el personaje deseado.
- Mezcla específica de características individuales: permite redefinir los personajes en función de cada característica, es decir, consiste en mezclar individualmente las áreas de los dos modelos de origen, como el mentón, las mejillas, el pecho, los brazos o el estómago.
- Gran variedad de piel, ojos y estilos de pelo
- Larga gama de estilos de ropa y calzado personalizables: permite manipular el color e incluso la textura de ciertos artículos de la ropa.
- Estilos artísticos para personalizar en mayor medida los personajes
- Guardado del "ADN del personaje para poder modificar los personajes ya guardados en el futuro, completándolos o creando otro completamente diferente del original.
- Creación de personajes listos para animar

iClone

iClone es un software de representación y renderización en 3D y animación, permitiendo a los usuarios realizar animaciones a modo de película. Se destaca por ser uno de los pocos softwares de animación que se utiliza en tiempo real "WYSIWYG" (junto con Movizu y Autodesk *MotionBuilder*) que permite a los animadores ver inmediatamente los resultados de su trabajo, y para reproducir las animaciones en el *viewport*. La característica se encuentra activa mediante un motor de videojuegos 3D para la representación en pantalla (ver ejemplo en Figura 108).



Figura 108 - Ejemplo de personaje creado en iClone

Otras de las funciones incluyen: animación facial completa y esquelética de las figuras humanas y animales, sincronización de movimiento de los labios, importación de archivos estándar 3D incluyendo FBX, una línea de tiempo para la edición y combinación de los movimientos, el lenguaje de programación "Lua" para la interacción de los personajes, aplicación de captura de archivos de movimiento, la capacidad de controlar escena animada como si fuese un videojuego y la importación de modelos desde Google 3D Warehouse, entre otras características.

Además, iClone contiene una notable cantidad de contenido ofrecido y compartido por los mismos usuarios para ser utilizado con el software, inclusive en la propia biblioteca de contenidos de Reallusion.

A.3.2 Modelado y animación

3DS Max

Autodesk **3DS Max** (anteriormente 3D Studio Max) es un programa de creación de gráficos y animación 3D desarrollado por Autodesk, en concreto la división Autodesk Media & Entertainment (anteriormente Discreet). Fue desarrollado originalmente por Kinetix como sucesor para sistemas operativos Win32 del 3D Studio creado para DOS. Más tarde esta compañía fue fusionada con la última adquisición de Autodesk, Discreet Logic.

3DS Max es uno de los programas de animación 3D más utilizados. Dispone de una sólida capacidad de edición, una omnipresente arquitectura de *plugins* y una larga tradición en plataformas Microsoft Windows. **3DS Max** es utilizado en mayor medida por los desarrolladores de videojuegos, aunque también en el desarrollo de proyectos de animación como películas o anuncios de televisión, efectos especiales y en arquitectura (ver ejemplo en Figura 109).



Figura 109 - Vista de detalle modelo en 3DS Max

Desde la primera versión 1.0 hasta la 4.0 el programa pertenecía a Autodesk con el nombre de 3d Studio. Más tarde, Kinetix compró los derechos del programa y lanzó 3 versiones desde la 1.0 hasta la 2.5 bajo el nombre de 3d Studio Max. Más tarde, la empresa Discreet compró los derechos, retomando la familia empezada por Autodesk desde la 4.0 hasta 6.0 también bajo el nombre de 3d Studio Max. Finalmente, Autodesk retomó el programa desarrollándolo desde la versión 7.0 en adelante bajo el mismo nombre, hasta la versión 9. A partir de ésta, se denomina Autodesk 3d Studio Max.

Este programa es uno de los más reconocidos modeladores de 3d masivo, habitualmente orientado al desarrollo de videojuegos, con el que se han hecho enteramente títulos como las sagas 'Tomb Raider', 'Splinter Cell' y una larga lista de títulos de la empresa Ubisoft.

Blender

Blender es un software destinado, en primera instancia, al modelado 3D de objetos para después hacer representaciones de ese modelado. Incorpora la posibilidad de dar texturas y materiales, iluminar la escena... Incluye las tecnologías más utilizadas en el diseño 3D: mallas, textos, meta-objetos, curvas, superficies y modelado escultórico, como muestra la Figura 109.



Figura 110 - Vista de detalle de modelo en Blender

Incluye su propio motor de juegos para desarrollar paseos virtuales por recorridos arquitectónicos, aunque en realidad es posible afrontar cualquier videojuego que un equipo humano cualificado se proponga. Además, brinda muchas posibilidades en la simulación de físicas. Para el montaje final de una película cuenta con su propio editor de vídeo.

Incorpora la potente tecnología de edición de nodos que permite disponer de cada uno de los efectos por separado y no en un orden secuencial (tipo historial) donde al anular uno de ellos desaparecerían todos los posteriores.

Se puede extender hasta el infinito con la programación en Python si se tienen los conocimientos necesarios. Al tratarse de un software de fuentes abiertas no hay límite conocido. Cualquier script puede ser añadido para funciones concretas; incluso el conjunto del programa puede alterarse y adaptarse a las necesidades de un usuario o empresa.

Maya

Maya se caracteriza por su potencia y las posibilidades de expansión y personalización de su interfaz y herramientas. MEL (Maya Embedded Language) es el código que forma el núcleo de Maya y gracias al cual se pueden crear scripts y personalizar el paquete. El programa posee diversas herramientas para modelado, animación, renderización, simulación de ropa y cabello, dinámicas (simulación de fluidos), etc.

Es muy utilizado sobretodo en animación, debido a la cantidad de opciones (ver Figura 111) que ofrece este programa para realizar casi cualquier tipo de movimiento. No en vano, su interfaz y número de opciones implica una curva de aprendizaje elevada para tales hazañas.

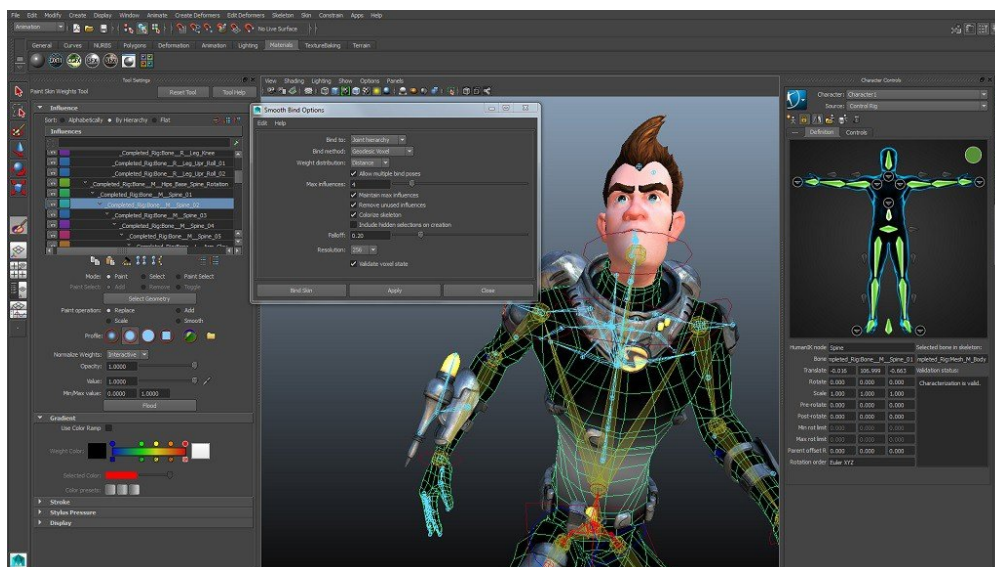


Figura 111 - Sistema de huesos visualizado en Maya

Además, Maya es el único software de 3D acreditado con un Oscar gracias al enorme impacto que ha tenido en la industria cinematográfica como herramienta de efectos visuales, con un uso muy extendido debido a su gran capacidad de ampliación y personalización.

4DCinema

CINEMA 4D es el software para modelado 3D, desde el modelado a la aplicación de materiales, iluminación y renderizado, CINEMA 4D proporciona a cada diseñador de las herramientas adecuadas para trabajos que requieran de alta capacidad computacional, ya que utiliza métodos gráficos muy potentes capaces de lograr grandes resultados. CINEMA 4D es utilizado en todo el

mundo por todo tipo de profesionales de los gráficos por ordenador, hasta la industria del cine: su facilidad de uso lo convierten rápidamente utilizable incluso por aquellos que se acercan por primera vez al render y la animación (ver ejemplo en Figura 112).

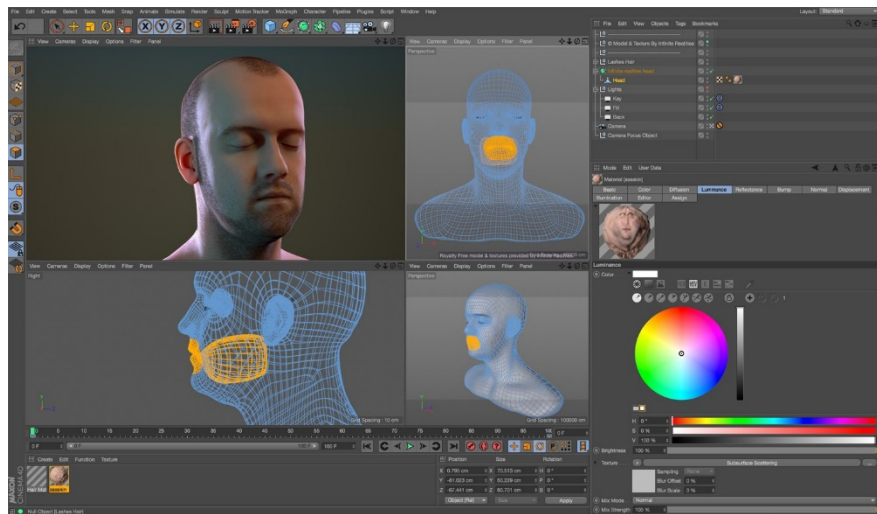


Figura 112 - Interfaz 4DCinema

En el campo del diseño arquitectónico CINEMA 4D es ampliamente utilizado entre los profesionales que entienden la importancia de la presentación del proyecto de la manera más convincente, ya sea a través de imágenes de calidad fotográfica y películas, como en simulaciones de los modelos arquitectónicos que permiten una perfecta percepción de los volúmenes. La capacidad de importar datos de CAD en los formatos más populares y la interfaz directa y bidireccional con Allplan hacen de CINEMA 4D el software ideal para arquitectura e ingeniería.

CINEMA 4D dispone de todos los tipos de luces y sombras, para que pueda iluminar incluso en las situaciones más difíciles. El motor de renderizado controla todos los procesadores disponibles para obtener resultados de alta calidad en el menor tiempo posible. El control del color, luminosidad, el degradado, y otras propiedades tales como el ajuste de la densidad y el color de las sombras de cada luz son características de CINEMA 4D. También es posible utilizar Lúmenes o Candelas para los valores de luminosidad, o utilizar valores porcentuales abstractos.

A.3.3 Generación de animaciones

Mixamo

Adobe **Mixamo** es una aplicación web gratuita, en la que, tras registrarse, todo usuario puede acceder a un servicio denominado *Auto-Rigger*.

Auto-Rigger aplica el aprendizaje de máquina para entender dónde están las extremidades de un modelo 3D e insertar un "esqueleto", o plataforma, en el modelo 3D, así como el cálculo de los pesos en los polígonos (*skinning*) de todas las partes del modelo. El servicio puede tardar hasta 2 minutos y permite subir un modelo (con o sin sistema de huesos) para luego aprovechar su motor gráfico y aplicarle una gran cantidad de animaciones predefinidas por otros usuarios, que luego pueden modificarse de acuerdo a ciertos parámetros relacionados con la posición y el movimiento de las partes del conjunto.

Esta herramienta se usa con el objetivo de conseguir un amplio abanico de animaciones bien realizadas, compatibles entre varios modelos y ahorrando tiempo de desarrollo al conseguir algunas animaciones básicas como andar, sentarse, reírse, etc.

No obstante, se tratan de animaciones corporales, que no implican ningún tipo de movimiento facial. El modelo puede importarse con esqueletos con huesos faciales, pero no reflejarán ningún tipo de movimiento debido a las limitaciones del programa, por lo que estas deberán realizarse con otros métodos.

A.3.4 Retoque del modelo

Se consideran las aquellas aplicaciones que permiten el retoque de imágenes o manipulación directa del modelo para aumentar en la medida de lo posible la calidad de este, ya sea por detalles de las texturas como pueden ser los poros o arrugas de la piel o la propia morfología del modelo.

Zbrush

Zbrush es un software de modelado 3d, escultura y pintura digital que constituye un nuevo paradigma dentro del ámbito de la creación de imágenes de síntesis gracias al original planteamiento de su proceso creativo.

El descubrimiento de **Zbrush** como un software capaz de esculpir detallados modelos de un modo semejante a pintar en los mismos facilitó su popularización entre los artistas 3d de las industrias del cine, videojuego e ilustración. Esto ha empujado a los desarrolladores de la aplicación a poner énfasis en esta faceta en cada actualización. Se ha estado utilizando en varias películas como "Underworld", "El señor de los anillos", etc., y su más directo competidor es el nuevo software usado en la película de King Kong llamado Mudbox.

Mudbox

Mudbox sirve para el esculpido digital y el software de pintura digital 3D te da la libertad para crear en 3D listo para la producción material gráfico digital sin preocuparse de los detalles técnicos. Diseñado por artistas profesionales del juego, el cine, la televisión, y las industrias de diseño, es un programa con el que se puede pintar directamente sobre 3D de alta resolución y ver los resultados inmediatamente.

Dispone de un potente conjunto de herramientas para la pintura y la creación de texturas 3D que aplicar sobre los modelos importados o esculpidos desde 0 por el usuario

Adobe Photoshop

Adobe **Photoshop** es un editor de gráficos rasterizados desarrollado por Adobe Systems Incorporated. Usado principalmente para el retoque de fotografías y gráficos. Es líder mundial del mercado de las aplicaciones de edición de imágenes. Con esta herramienta se consiguen que los mapas de textura puedan ser retocados de manera que aumenten su calidad o resultado final en el modelo.

Además, se pueden variar fácilmente diversos parámetros para conseguir una amplia variedad de texturas que puedan ser importadas a otro modelo y generar un personaje de distinta apariencia.

A.3.5 Motor gráfico - Unity

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por **Unity Technologies**. **Unity** está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X y Linux. La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas y con ella se puede generar diverso contenido digital: videojuegos, películas de animación 3D, efectos de partículas, etc.

La visualización de estos parámetros tiene en cuenta las siguientes características en un modelo: *Materiales y texturas*, *Shaders* e *Iluminación de escena*. Todos ellos se relacionan entre sí, ya que, al cambiar la configuración de uno, cambia la visualización de todos.

- **Materiales** son definiciones acerca de cómo la superficie debería ser renderizada, incluyendo referencias a texturas utilizadas, información del *tiling* (suelo de baldosas), los mapas normales, etc. Las opciones disponibles para un material dependen de en qué *shader* del material está utilizando.
- **Shaders** son *scripts* pequeños que contienen los cálculos de matemáticas y algoritmos para calcular el color de cada pixel renderizado, basándose en el *input* de iluminación y la configuración del material. Pueden aportar transparencia, reflexión de la luz, etc.
- **La iluminación de escena** hace referencia a las distintas configuraciones de puntos de luz que determinan el tipo de fuente de luz, la potencia de luz, el color, etc.

Gracias a los cálculos que realiza el programa en tiempo real para reflejar la iluminación escogida en el modelo se obtiene el resultado final (en la Figura 113 se puede ver un ejemplo de modelo y cómo se comporta el material de acuerdo con el tipo de luz que recibe), listo para ser usado de acuerdo a los requerimientos del usuario.

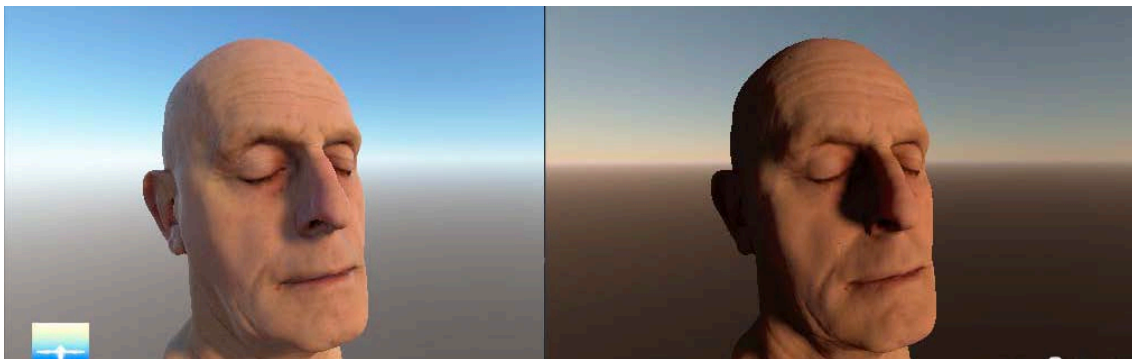


Figura 113 – Ejemplo de modelo con shaders aplicados y distintos tipos de luz en **Unity**

Una vez se conocen todos los aspectos que configuran el personaje virtual, se estudian las herramientas capaces de lograr estos resultados. Se elige **Unity** por una serie de factores clave que se citaran a continuación:

- **Fácil de usar.** Es una herramienta con la que estás creando contenido al momento. Su curva de aprendizaje para crear juegos básicos y sencillos en 2D y 3D es rápida, tanto que conociendo el 20% de las posibilidades de la herramienta se pueden desarrollar juegos de nivel medio interesantes y divertidos.
- **Dos lenguajes para los scripts.** son Javascript y C#. un lenguaje más robusto y con un modelo de orientación a objetos muy valorado, moderno y seguro.
- **Arrastrar y soltar para referenciar.** Consiste en que, cuando un objeto dispone de referencias a otros de forma pública, estos objetos pueden arrastrarse al primero

físicamente, con lo cual se establece la referencia a ese objeto en tiempo de diseño. Cuando se ejecuta el programa, no hay que referenciar ese objeto, ya está hecho. También permite añadir “componentes” en tiempo de diseño para tener el objeto completo a nivel de edición, por ejemplo, los sonidos que va a tener, si el objeto se ve afectado por la física, si debe detectar colisiones, cómo hacerlo y el área implicada, y mucho más.

- **Multiplataforma**, lo que permite la disponibilidad en la aplicación en varios sistemas, como Windows, MacOS, iOS o Android.

A.4 Métodos para animar personajes virtuales

Existen tres métodos para animar personajes virtuales: animación esquelética, *morphs* y captura de movimiento.

A.4.1 Animación esquelética

Es la técnica más usada para generar animaciones. Hace uso del denominado sistema de huesos virtuales o esqueleto virtual, en la que se deben mover manualmente los huesos para crear una nueva posición en el personaje. En la Figura 114 se representa una secuencia de una animación en la que el esqueleto anda, para lo que ha sido necesario establecer nuevas posiciones de las piernas, los pies y los brazos, generando un movimiento similar al del ser humano.

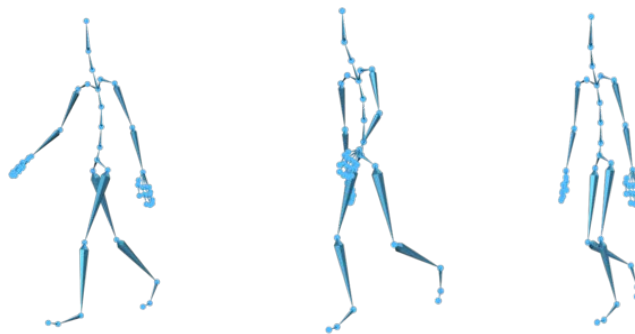


Figura 114 - Secuencia de movimiento de esqueleto virtual

La animación con huesos también se utiliza para animar otras muchas cosas, incluidas tales como expresiones faciales, simuladas por huesos que actúan en pequeñas zonas de la cara, reflejando los movimientos de los músculos dependiendo del grado de afectación que tenga cada uno en el conjunto del rostro y sus múltiples partes. En la Figura 115 se puede ver un tipo de esqueleto facial completo, que comprende varios huesos para zonas como la de los ojos los párpados, la nariz, la boca o las cejas.

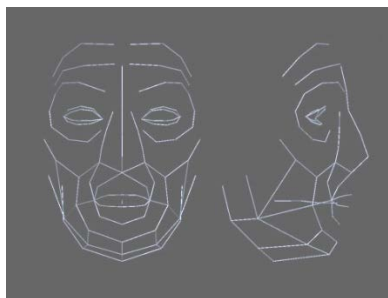


Figura 115- Sistema de huesos faciales

A.4.2 Morphing

La técnica del *morphing* también está basado en la animación manual, pero en vez de mover los huesos del personaje para una determinada posición, se mueve directamente la malla con el puntero de la aplicación.

Este proceso deforma la malla original para obtener una pose nueva, denominada *morph*. Por ello, es preciso copiar el modelo tantas veces como animaciones se quieran ejecutar en la malla y así manipularlos independientemente (ver Figura 116) y guardar la animación de cada uno de ellos.



Figura 116 - Mismo modelo con distintos morphs

Esta técnica destaca por su aplicación en la animación facial, ya que puede generar determinadas posiciones de la cara rápidamente, pero este formato suele tener problemas de compatibilidad entre distintas herramientas.

A.4.2 Captura de movimiento

En contraste, la técnica de la captura de movimiento es un método mediante el cual se obtienen las posiciones y movimientos de un actor real al ser grabado en una computadora utilizando cámaras de video y marcadores corporales y faciales. Gracias a los marcadores, la computadora interpreta los movimientos llevados a cabo por el actor y los traspasa al sistema de huesos generado en el ordenador, aplicando directamente los movimientos realizados por el personaje.

Este método requiere el uso de trajes especiales, cámaras y un post-procesado para arreglar las irregularidades de las animaciones grabadas, por lo que se descarta su uso en pos de una técnica más accesible para los usuarios.

Para este Proyecto se decide usar el método de animación del esqueleto, debido a su facilidad de uso y su compatibilidad con un amplio rango de programas. A continuación, se describen todos aquellos elementos necesarios para la animación esquelética de un personaje.

ANEXO B - Problemas y soluciones en el desarrollo del modelo

En este anexo se describen todos los problemas que han surgido a lo largo de la fase de desarrollo del modelo. A la hora de resolver los diferentes problemas, se trabajó con distintas técnicas con el fin de comprobar cuál era el método más adecuado en referencia a las herramientas escogidas para el desarrollo del Proyecto.

B.1 PROBLEMA 1 - Generación de huesos faciales

Al principio se estudió la opción de generar el sistema de huesos en **Mixamo**, por lo que el modelo de **MakeHuman** se generaba sin esqueleto. Posteriormente se exportaba para prepararlo en 3DSMax y retocarlo con **Zbrush** y luego importarlo a **Mixamo** generando automáticamente un sistema de huesos sin el sistema facial.

Luego se implementó el avanzado sistema de Facial Bones, un *plugin* de 3DSmax que sirve para establecer un sistema de huesos facial de manera sencilla e intuitiva: con puntos que detectaban los extremos de los polígonos y aportaban un *skinning* muy preciso según la relación de los puntos con la zona en la que residen (ver Figura 117).

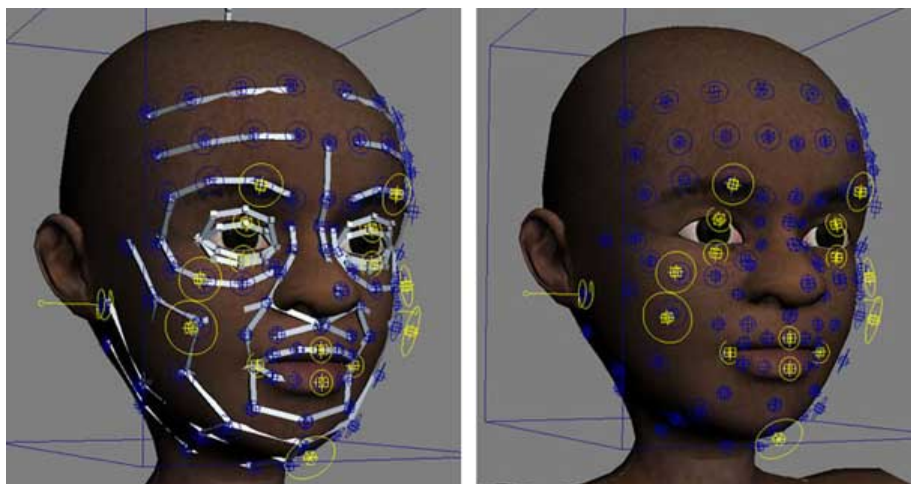


Figura 117 - Modelo ejemplo con sistema de huesos FacialBones

En este estado, el sistema facial solo era compatible con el sistema de huesos Biped de **3DS Max** (ver Figura 118), una herramienta que genera un esqueleto humano predefinido, con un ejemplar número de huesos jerárquicamente programados para establecer las relaciones de movimiento de una persona: torso, brazos, etc.

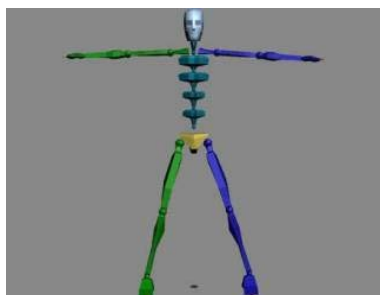


Figura 118 - Esqueleto Biped de 3DSMax

Como el *skinning* del resto del cuerpo fallaba, se intentó hacer desde cero con otro *plugging* de **3DS Max: Sliced**. Este complemento se basaba en generar distintas cajas para cada parte del cuerpo que se superponían sobre este, para que luego detectara donde acababa cada caja y construir los huesos basándose en dichas delimitaciones. El problema era que había zonas con muchos errores, sobre todo en las zonas donde acababa una caja y empezaba otra. Esto se daba sobre todo en las manos, cuya malla se estiraba hacia el infinito al generar cualquier movimiento (ver Figura 119). Como los resultados no fueron satisfactorios, se decidió desechar el uso de dicho *plugging*.

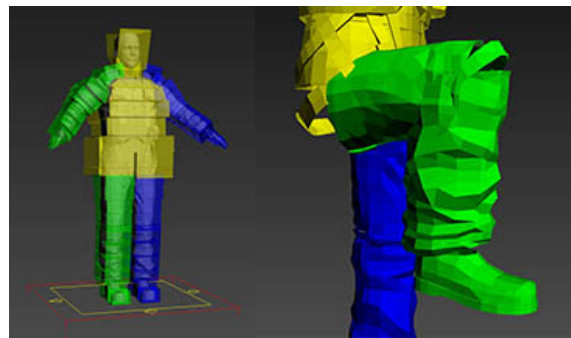


Figura 119 - Error en la rodilla al realizar una animación con Sliced

Después de esto, se probó a generar el *skinning* con **Mixamo** y su herramienta *Rig-It*, así que se importaba el esqueleto con el modelo y la aplicación se encargaba automáticamente de generar el *skinning* en base al modelo, obteniendo resultados satisfactorios, a lo que luego se le aplico el sistema de **Facial Bones**.

El problema final era que la importación en **Unity** no era estable, las animaciones se ejecutaban lentamente y no mostraban todos los *frames*, por lo que se decidió usar otros métodos. Lo siguiente fue comprobar el funcionamiento de la aplicación Adobe FUSE CC, programa similar a **MakeHuman** cuyos modelos generados contienen una alta calidad de detalle, como muestra la Figura 120.

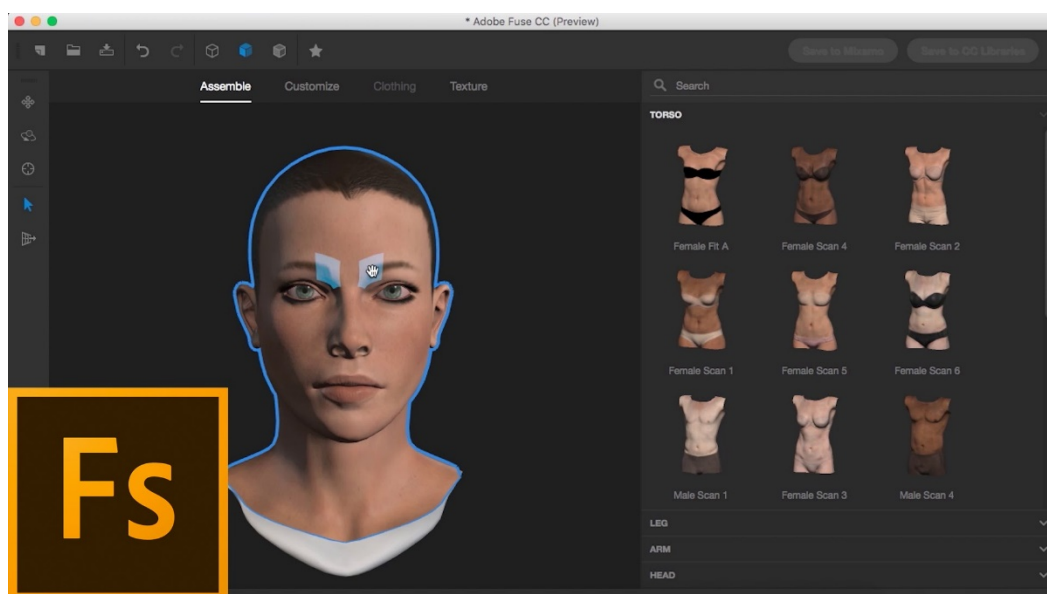


Figura 120 - Modelo mujer tomando forma con Fuse CC

Los modelos generados no daban ningún problema al ser exportados a **Mixamo** para generar animaciones corporales. El verdadero problema provenía de que el sistema facial no estaba basado en huesos, sino en *morphers*, por lo que al importar a **Unity** no se generaba ningún movimiento al ejecutar una animación facial, ya que actualmente, el motor gráfico no tiene capacidad para ejecutar animaciones generadas con estos métodos, por lo que se deshecho el uso de esta aplicación.

SOLUCIÓN 1 - Generación de huesos faciales

El sistema de huesos faciales de **MakeHuman** no generaba ningún problema al importar el contenido a **Unity**. Además, su conjunto de huesos se considera más que suficiente para la realización del proyecto, por lo que se decidió escoger este programa para generar la malla 3D y el esqueleto virtual.

B.2 PROBLEMA 2 - Uso de los dos sistemas de huesos

Para que el sistema de análisis de modelos de **Mixamo** reconozca el sistema de huesos de **MakeHuman**, necesita tener los huesos de la mano del esqueleto estándar (ver Figura 121), configurados de una manera más simple que con el esqueleto completo (ver Figura 122) para que **Mixamo** permita integrar sus animaciones en el conjunto del modelo.

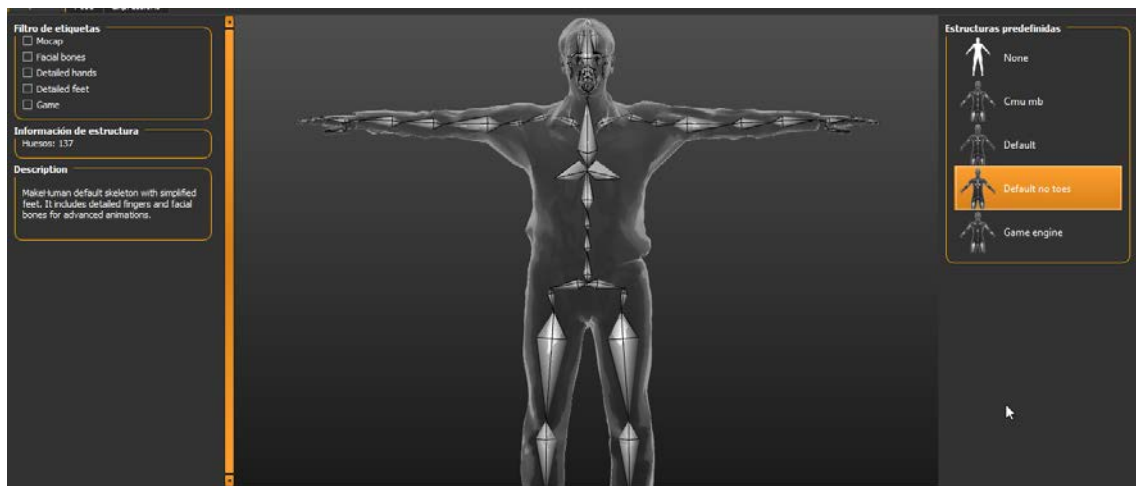


Figura 121 - Esqueleto completo de Mixamo

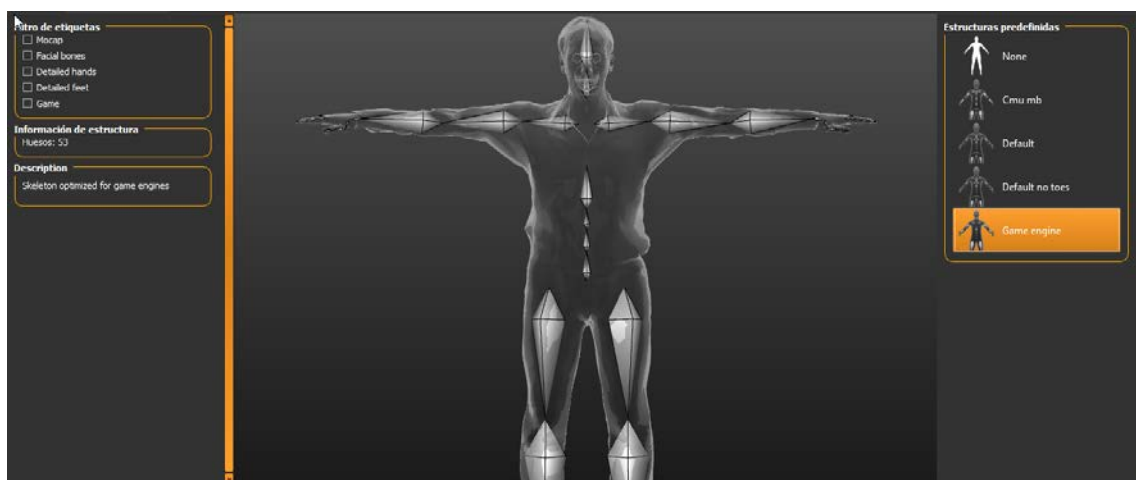


Figura 122 - Esqueleto "default" de Mixamo

El problema surge de la necesidad de combinar los dos esqueletos en uno solo. Por ello, se generaron y exportaron los dos sistemas de huesos con el mismo modelo, para posteriormente en **3DS Max**, poner las manos de uno en el otro y así ser compatible con **Mixamo**.

SOLUCIÓN 2 - Combinación de los sistemas de huesos

Se importa el modelo con el sistema de huesos facial, ya que solo se necesitan las manos del otro esqueleto y el primero citado tiene mayor cantidad de huesos en el resto de las partes de la estructura (ver Figura 123).



Figura 123 - Vista en escena de 3DS Max de los dos modelos con los dos sistemas de huesos

Se guarda el sistema de *skinning* que ejercen los huesos sobre el segundo modelo, con lo que se ira a la propiedad *skinning* del objeto Piel y desde *Advanced Options* se genera un archivo con la información al guardarlo. Una vez hecho esto, se importa el archivo del sistema de huesos más simple o *game engine*. Y se adecua para quitar todo el sistema menos la cadena de huesos de la mano.

Además, se eliminan los huesos correspondientes de la mano del sistema complejo o facial, ya que se van a sustituir por las del contiguo (ver Figura 124).



Figura 124 - Modelo con sistema de huesos simple seleccionado

Se omite la geometría para ver mejor el sistema de huesos (ver Figura 125).

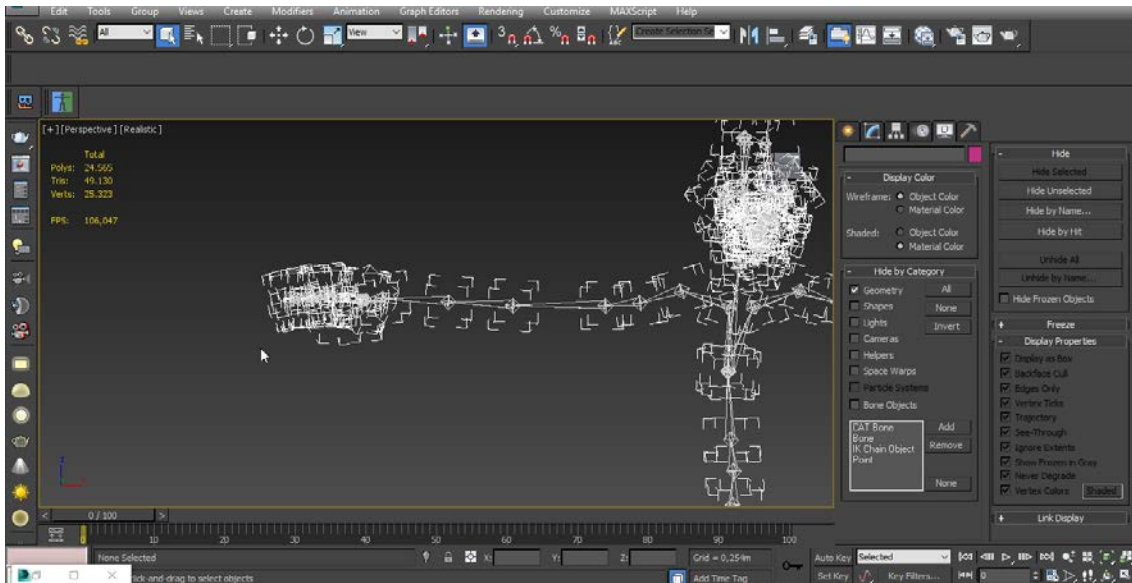


Figura 125 - Omisión de la geometría del modelo completo

Ahora, las manos del modelo original deben separarse del conjunto del modelo, ya que están unidos al resto de la piel y el separarlas facilita la adaptación de los huesos de la segunda estructura a la primera (ver Figura 126).

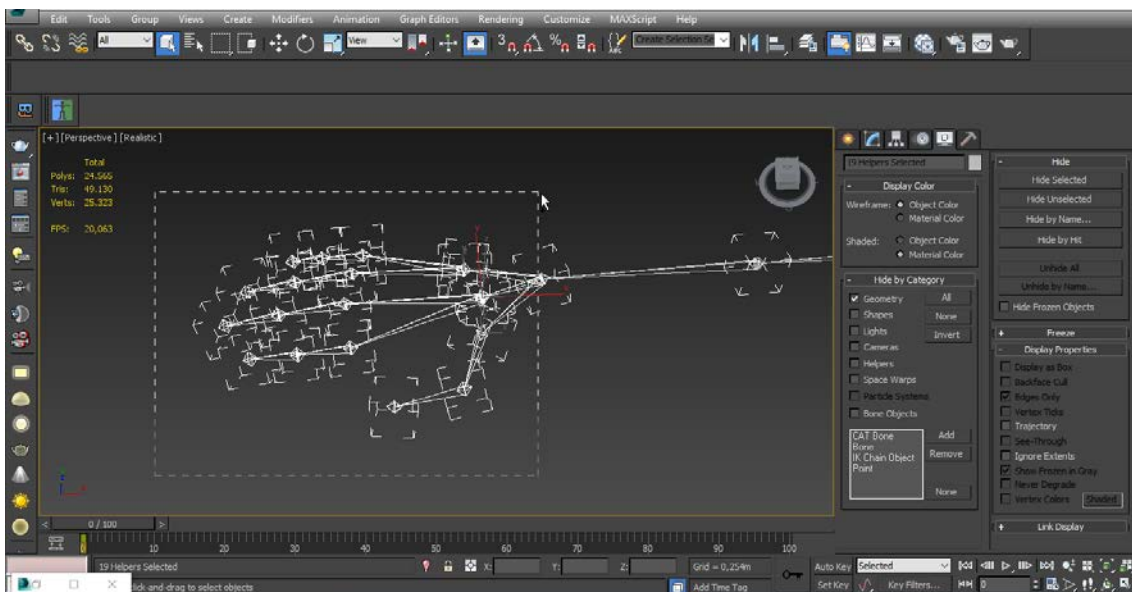


Figura 126 - Selección de la mano derecha del sistema de huesos completo

Por ello, se selecciona la propiedad de *Mesh* y decimos que si a las advertencias. Se selecciona un polígono de la mano, otro de la otra y con pulsar varias veces el comando *Grow* seleccionamos solo ambas manos (ver Figura 127).



Figura 127 - Modelo final con los polígonos de ambas manos seleccionados con el comando *Grow*

El comando *Detach* se encarga de separarlas del objeto perteneciente a uno nuevo, con otro nombre y en el que solo están ellas. A continuación, se aproximan manualmente las manos del segundo modelo al primero (ver Figura 128).

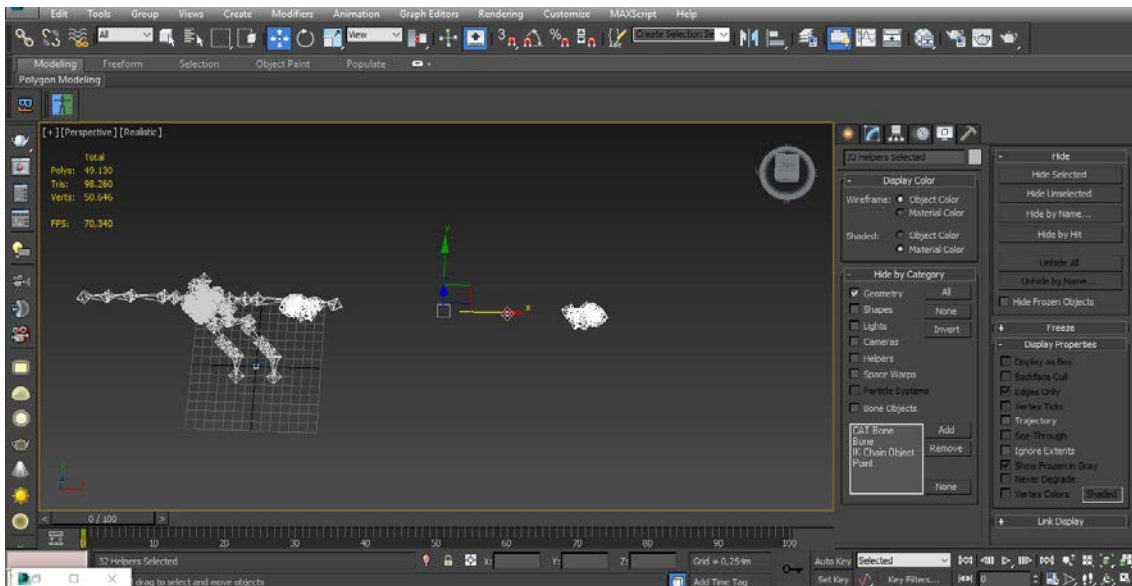


Figura 128 - Manos del sistema "default" moviéndose al esqueleto completo

Posteriormente, se adapta con el comando *Link* a una muñeca, y luego la mano del otro lado con su hueso de muñeca correspondiente (ver Figura 129).

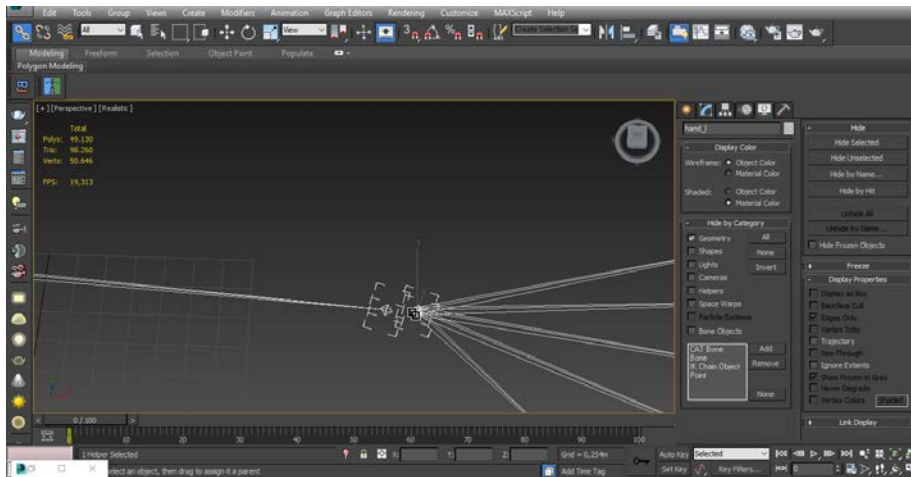


Figura 129 - Anexión de la mano izquierda a la muñeca izquierda con el comando Link

Se carga el archivo que guarda la información del *skinning* en el modelo con la estructura facial, haciendo clic en cargar, justo debajo de la ruta anterior, y luego se seleccionan todos aquellos huesos a los que debe afectar (ver Figura 130 y 131) para efectuar un comportamiento correcto de la malla.

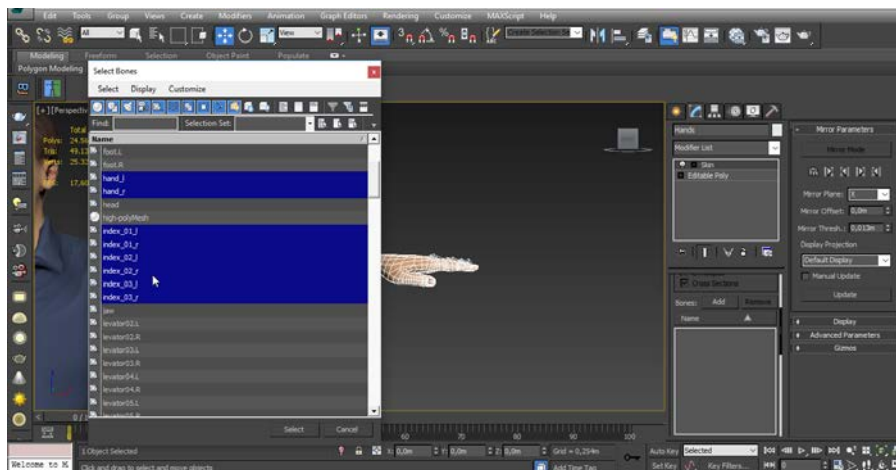


Figura 130 - Selección de huesos que afectan a la mano izquierda



Figura 131 - Skinning importado desde el sistema estandar al sistema completo

Todo este proceso se pudo simplificar seleccionando en la importación del archivo de **3DS Max** *convert bones as dummies*, lo que preparaba el esqueleto para su manipulación en **3DS Max** a la par que hacía posible usar el esqueleto de **MakeHuman** completo en **Mixamo**, sin ningún tipo de reparo previo.

B.3 PROBLEMA 3 - Arreglo de posibles errores en malla

Algunas animaciones generadas con **Mixamo** tenían pequeñas erratas en alguna parte del modelo, a continuación, se muestra un listado con todos los errores generados donde se comenta el grupo al que pertenecía la animación, su nombre en **Mixamo** y las observaciones sobre los errores detectados (ver Tabla 8).

Tabla 6 - Lista de errores detectados en animaciones realizadas en Mixamo

Nombre	Observación	Nombre	Observación
<i>relieve_sight</i>	parece que se fuese a desplomar	<i>talking</i>	La mano izquierda esta rara, los dedos parecen doblados y el brazo completo permanece rígido, la mano derecha atraviesa la pierna.
<i>beckoing</i>	Los dedos mano derecha están doblados.	<i>sitting_disapproval</i>	El índice derecho bastante raro.
<i>sruggin</i>	La mano izquierda resulta extraña, queda completamente rígida durante la animación.	<i>sitting_victory</i>	Los dedos de las manos están raros, doblados.
<i>talking_1</i>	La mano derecha tiene un detalle, por un momento parece que fuese a señalar.	<i>breathing_idle</i>	Los pies no se mueven adecuadamente, parecen flotar.
<i>sit_to_stand</i>	El personaje se eleva (aumento eje Y) al terminar la animación.	<i>happy_idle</i>	Igual al anterior.
<i>idle_transition</i>	El personaje Rota en eje Y (sentido horario), no sé si deba hacer esto.	<i>angry_pointing</i>	Al apuntar no cierra los dedos de la mano derecha.
<i>idle_transition_1</i>	Igual que el anterior, pero en sentido antihorario	<i>defeat</i>	Las manos se cruzan en X, no se ponen sobre la cara.

Nombre	Observación	Nombre	Observación
<i>beckoing</i>	Los dedos mano derecha están doblados.	<i>yelling_out</i>	Se ve una posición extraña de los dedos en la mano derecha al extenderse.
<i>sitting_1</i>	Igual que el anterior.	<i>sitting_laugting</i>	El pecho se solapa con el vientre, en este caso no es tan molesto para la vista.
<i>sitting_2</i>	El personaje baja (disminuye eje Y), no sé si es demasiado grave pues se compensa con el de levantarse.	<i>sitting_victory</i>	Los dedos mano derecha están doblados.
<i>sitting_disaproval</i>	El índice derecho bastante raro.	<i>talking</i>	Tiene el brazo derecho como si se apoyase en algo, hay que tener en cuenta que puede estar en un taburete y no en una silla.

No se ha encontrado otra manera más eficaz de solucionar el error, por lo que la solución es arreglar a mano en **3DS Max** aquellas animaciones que presenten fallos en **Unity**.

SOLUCIÓN 3 - Arreglo de errores en malla 3D

En la ejecución de animaciones de **Mixamo**, existen algunos errores de que afectan al parámetro del *skinning* de la malla, sobretodo se daba en los polígonos congelados en algunas secciones del modelo.

Como solución, desde **3DS Max** se abre la animación, se localiza la sección afectada, y en el parámetro *Skinning*, con el *Select Verts* activado, se selecciona el hueso al que deben afectar los polígonos y se modifica el *Val. Abs* desde 0,0 hasta el resultado que más óptimo quede, en este caso el 0,1.

ANEXO C – Manual de usuario

En este anexo se explicará con detalle el proceso de creación del personaje virtual de una mujer con una edad en torno a los 50 años, desde su generación hasta su puesta en escena en **Unity**, con el objetivo de mostrar todos los pasos necesarios a realizar para que otras personas puedan hacer uso de esta guía y conseguir este tipo de personajes virtuales.

C.1 GENERACIÓN DEL MODELO

Se comienza con la generación del personaje en **MakeHuman**. El primer paso consiste en personalizar el modelo base sin género (ver Figura 132) que aporta el programa. Esta personalización implica modificar parámetros que ya vienen definidos como el sexo, la edad, la musculatura, la altura o el tono de piel, etc. gracias a unos deslizadores que definen los cambios pertinentes a su categoría para la malla del modelo.

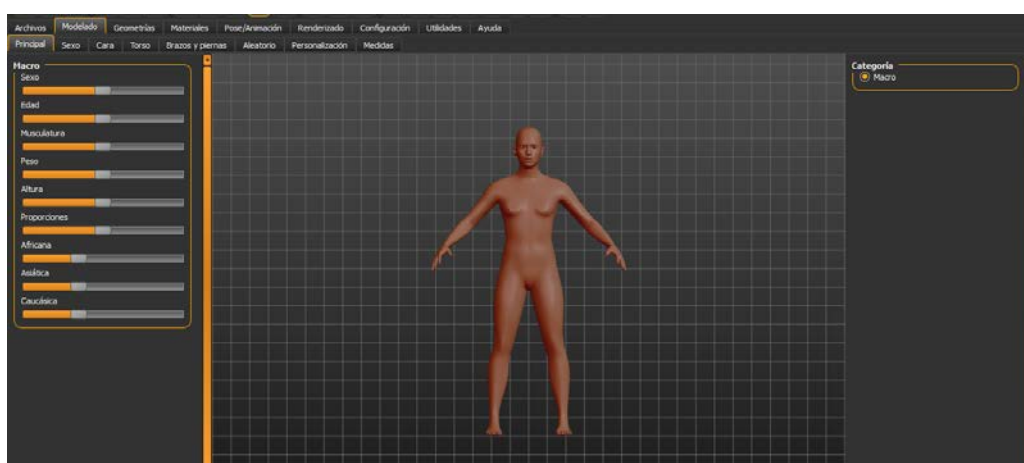


Figura 132 - Modelo base MakeHuman

Para dotar al personaje de rasgos femeninos se mueven los deslizadores de sexo, edad, musculatura, peso, altura y proporciones hasta encontrar los resultados deseados. También se define la raza del personaje con los tres deslizadores inferiores, pudiendo elegir entre africana, asiática y caucásica, como es en este caso (ver resultados en Figura 133).

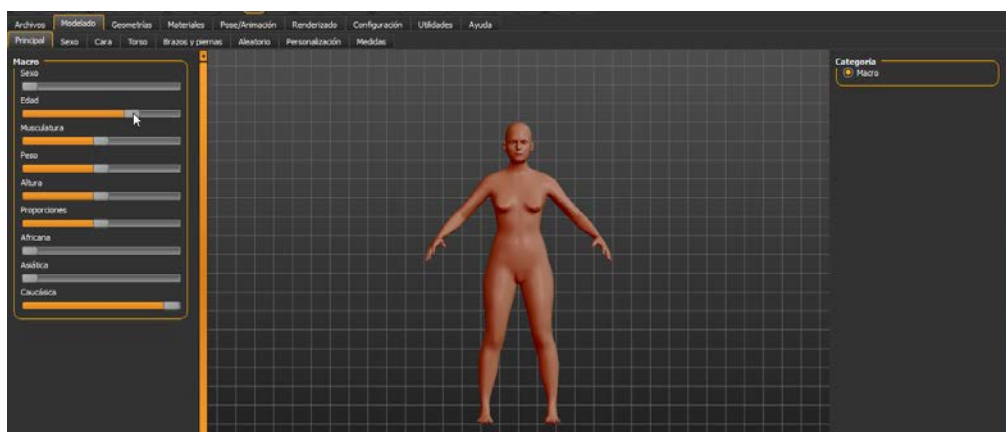


Figura 133 - Deslizador parámetro edad MakeHuman

En la Figura 134 se observa cómo se modifican los parámetros de la cara, resaltando la edad, la forma más redonda de la cara de la mujer o la cantidad de grasa que tenga, definiendo su delgadez.

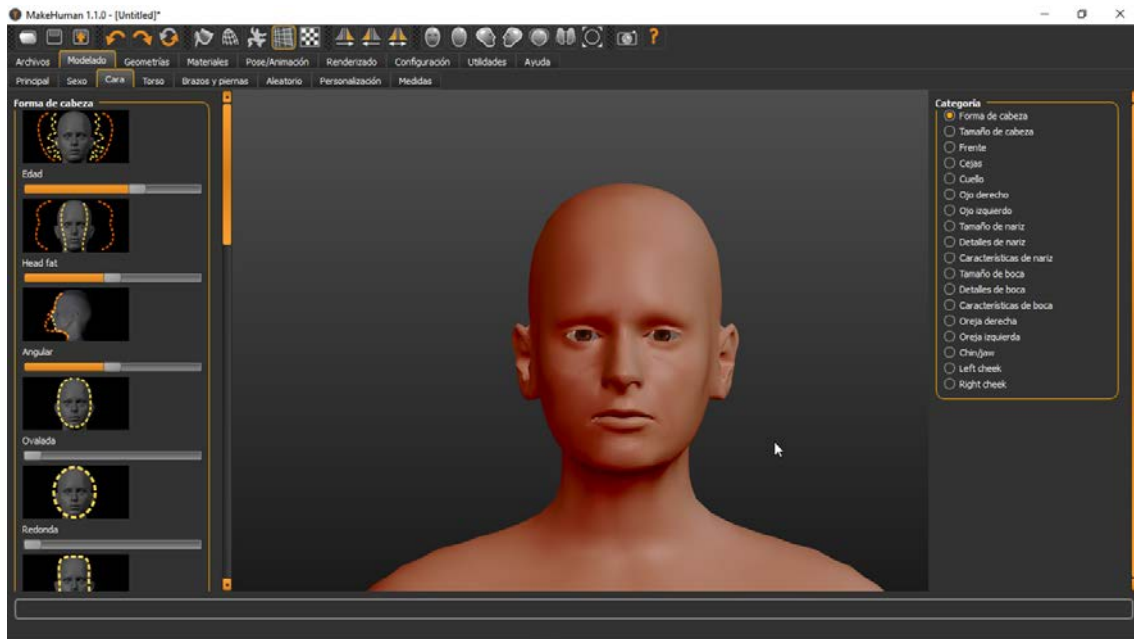


Figura 134 - Parámetros configurables de la cara en MakeHuman

En el menú de la derecha, denominado Categorías, se encuentran uno a uno los distintos elementos del apartado en el que se está trabajando para trabajar independientemente cada zona a gusto del usuario. En la Figura 135 se observa como en el apartado de Ojos se acentúan las ojeras mientras que en la Figura 136 se abren un poco más los ojos, rasgo característico de la mujer.

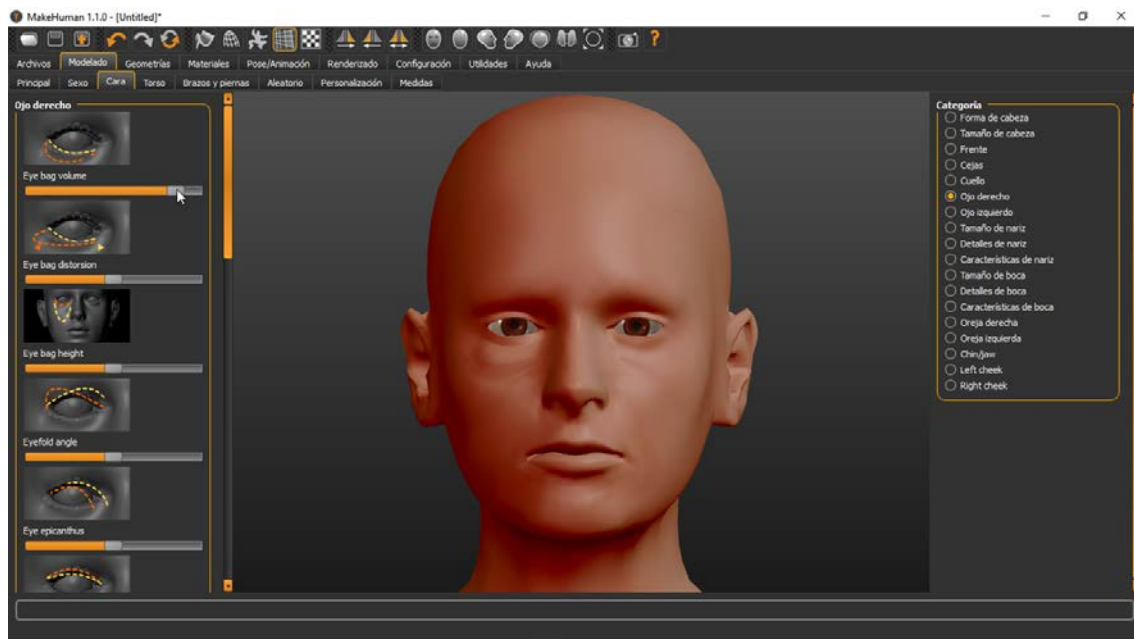


Figura 135 - Acentuar las ojeras en MakeHuman

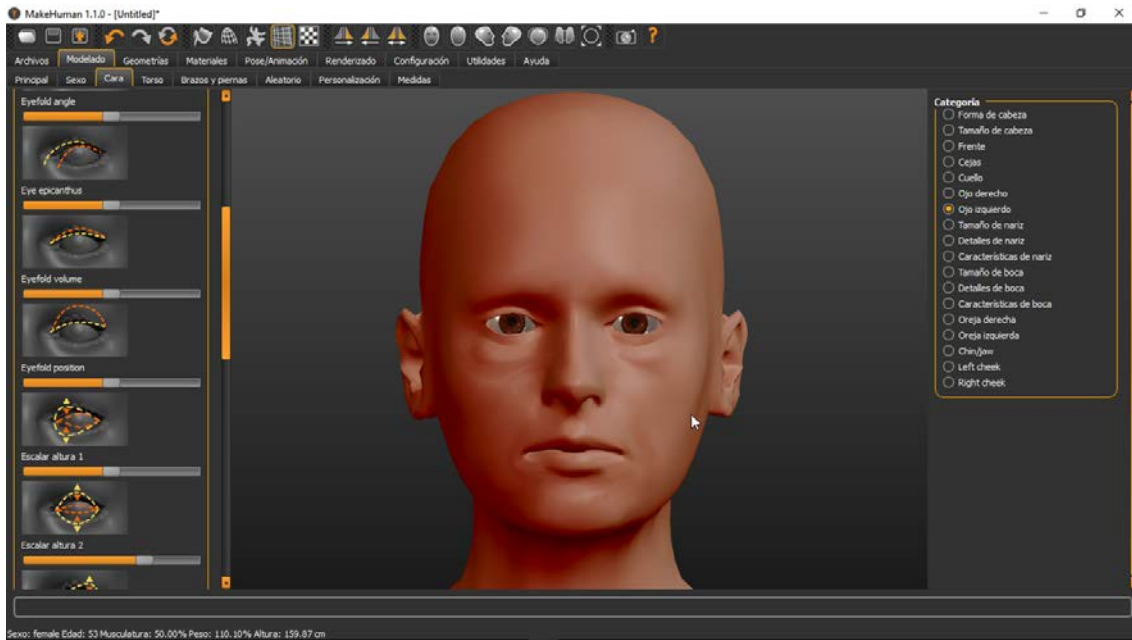


Figura 136 - Aumentar el tamaño de los ojos en MakeHuman

Una vez se esté satisfecho tanto como los rasgos de la cara como los del cuerpo, se obtiene la malla de la piel del modelo. El siguiente paso consiste en agregar las distintas mallas que completarán el modelo y le dotarán del realismo necesario para calificarlo como personaje virtual. Estas mallas se encuentran en el apartado de *Geometrías* y son las siguientes: ropa, pelo, ojos, dentadura, tipología, pestañas, cejas y lengua. En la Figura 137 se encuentra el modelo con un uniforme formal de mujer, al que se le añaden unos zapatos negros para completar el conjunto de vestimenta.

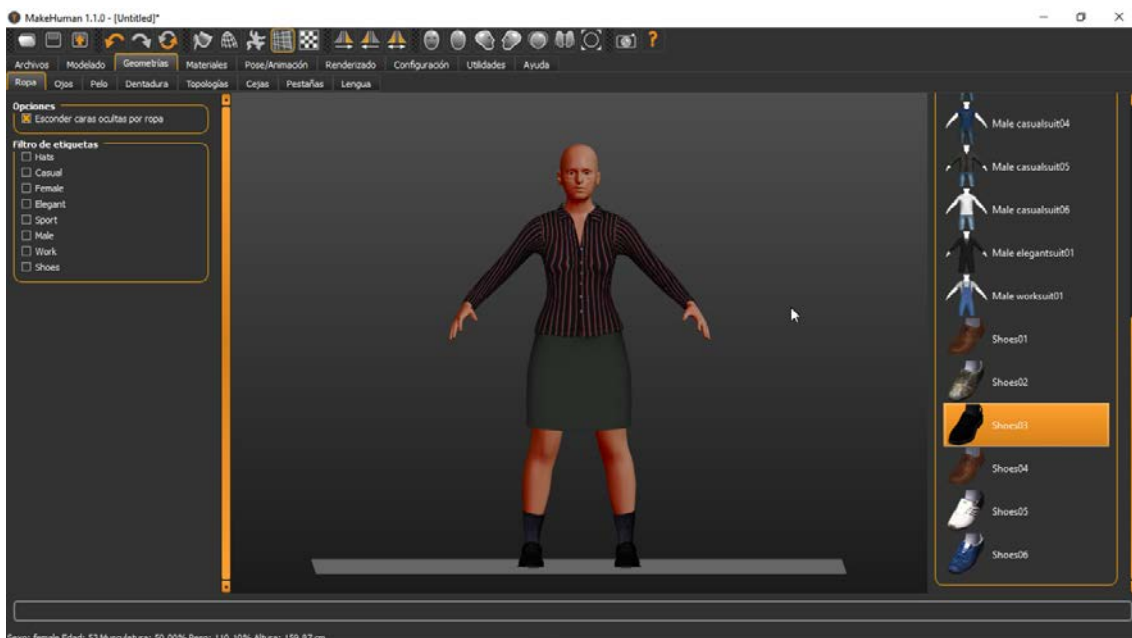


Figura 137 - Vestimenta de mujer seleccionada en MakeHuman

En el siguiente desplegable se escoge el tipo y corte de pelo. En la Figura 138 se muestra el resultado de escoger un pelo castaño largo y recogido con coleta en el personaje, ya que el tono que se quiere plasmar es el de formal.

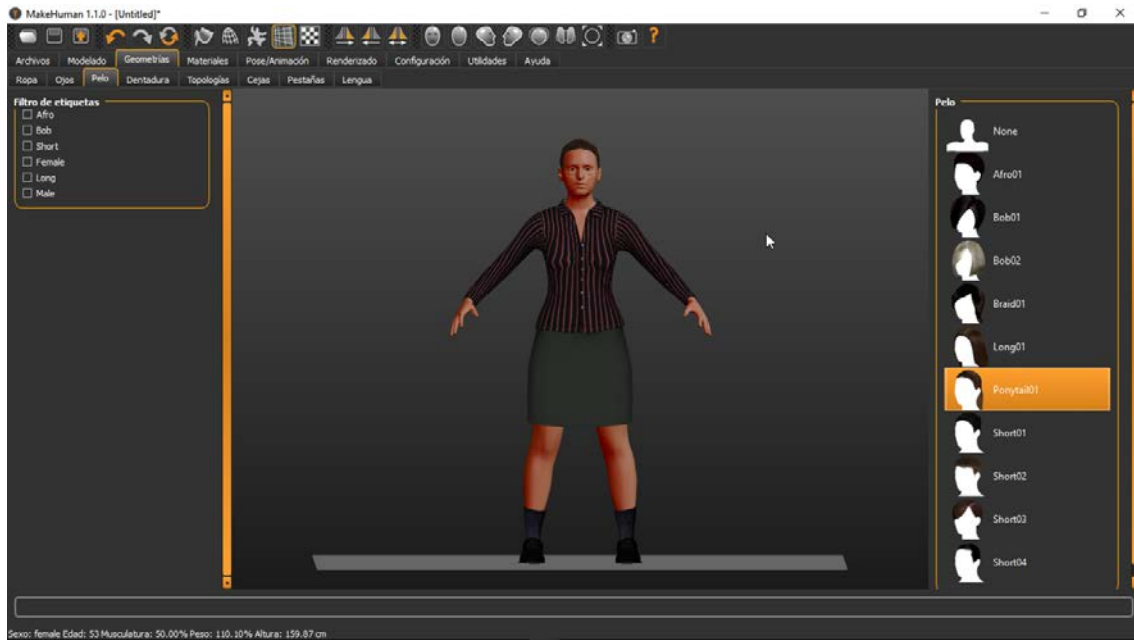


Figura 138 - Pelo seleccionado en MakeHuman

La dentadura es la siguiente malla que se agrega al personaje, necesaria para cuando se anime y tenga que abrir la boca. En la Figura 139 se escoge la primera opción, ya que es la que mayores similitudes guarda con la de una mujer.

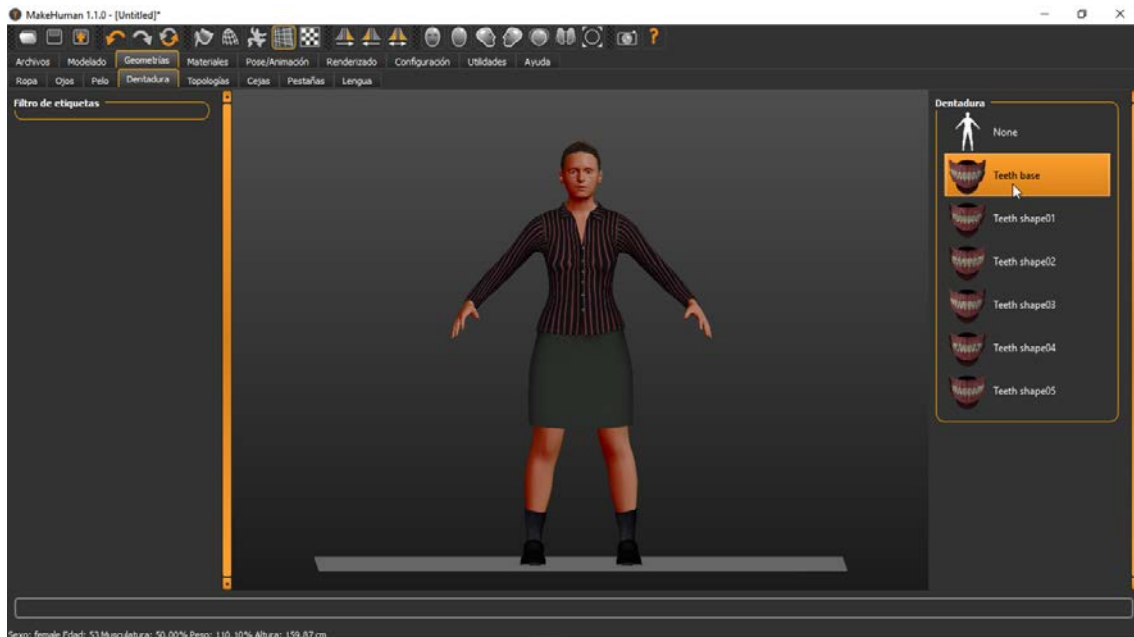


Figura 139 - Selección de dientes en MakeHuman

El apartado de Topologías hace referencia a la manera en la que los polígonos de la malla están dispuestos entre sí, lo que ayuda a conseguir animaciones de alta calidad puesto que los polígonos no se superpondrán entre sí.

MakeHuman ofrece distintos tipos de topología según el tipo de personaje que se esté creando, por lo que, al ser una mujer, se escoge la tipología de *Female Generic*, como se muestra en la Figura 140.

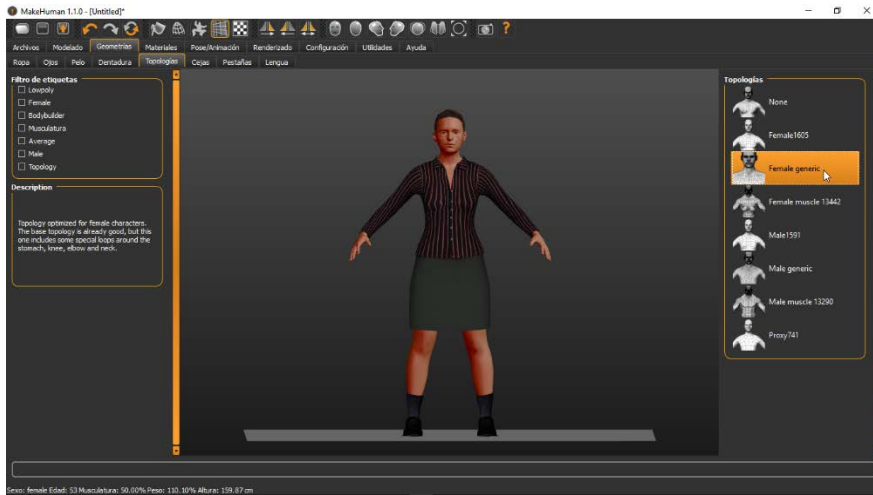


Figura 140 - Selección de tipología en MakeHuman

Por último, se seleccionan las pestañas y las cejas (ver Figura 141) así como la lengua, elemento indispensable a la hora de animar el personaje para hablar (ver Figura 142).

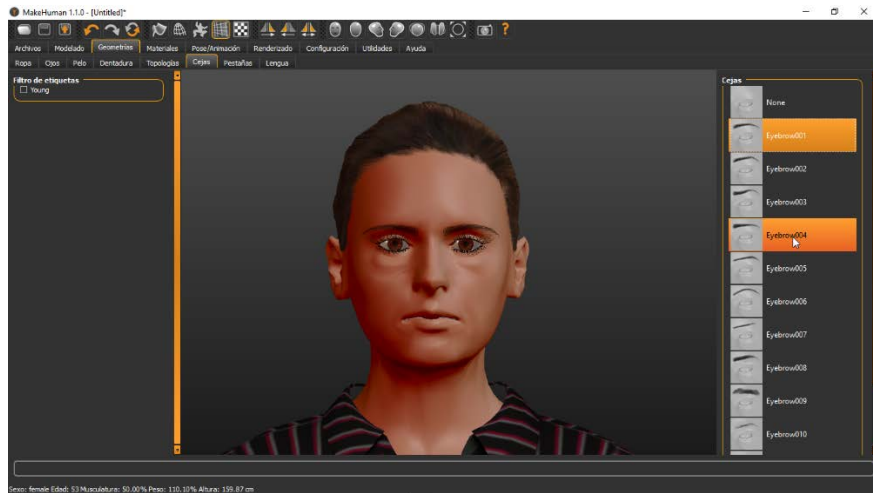


Figura 141 - Selección de cejas en MakeHuman

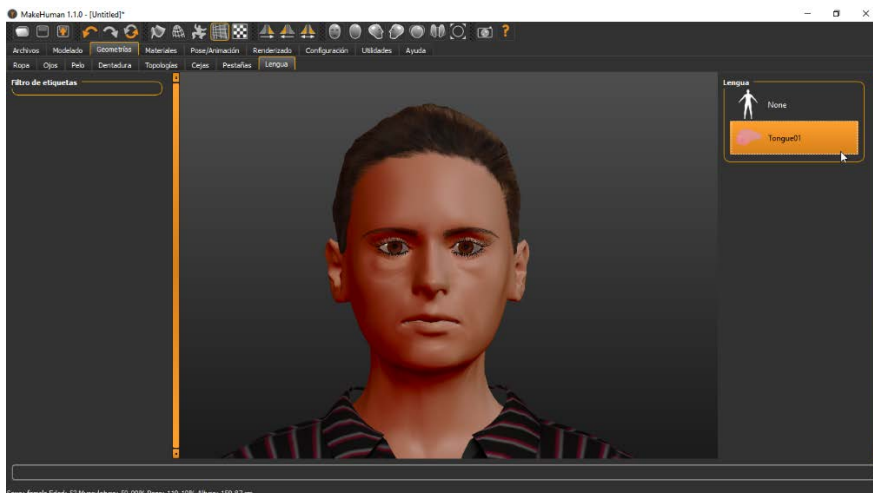


Figura 142 - Selección de lengua en MakeHuman

Para tener lista la malla del modelo, se define la textura de la piel en el apartado Materiales, en el que se encuentran divididos por color y edad una generosa cantidad de tipos de piel que se aplicarán instantáneamente al modelo y generará un mapa de textura el cual se podrá retocar. Para este ejercicio, se escoge el tipo Mujer caucásica avezada (*Old Caucasian Female*) como se ve en la Figura 143.

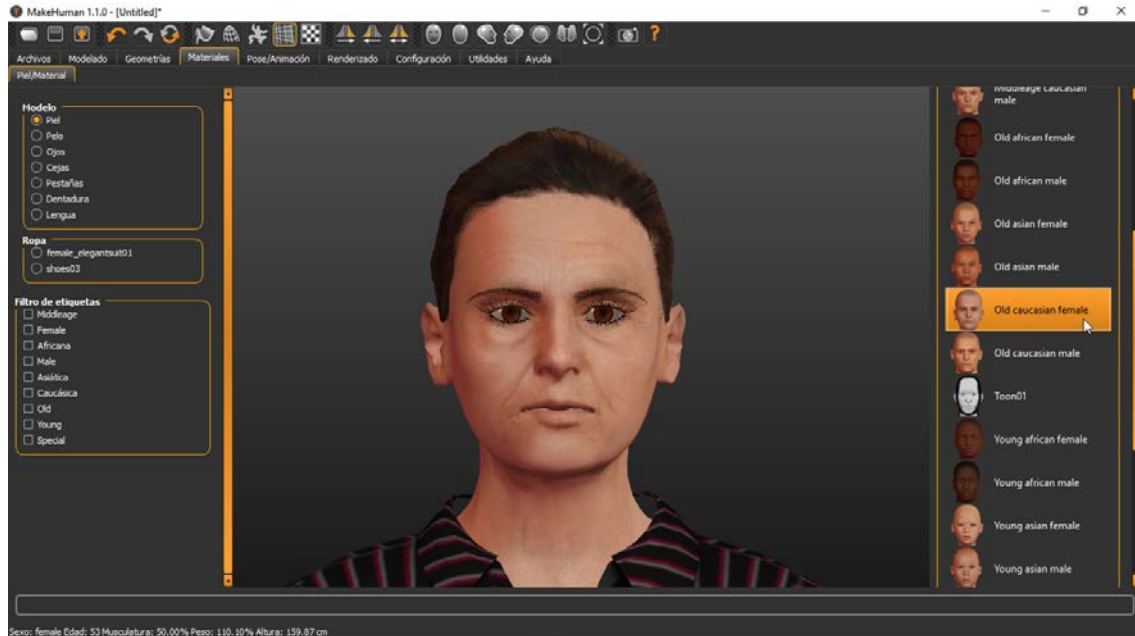


Figura 143 - Selección de textura de piel en MakeHuman

Con la malla lista, se procede a generar los huesos del personaje. La generación de huesos se realiza en la pestaña de *Pose/Animación* y dentro de ella, se selecciona el esqueleto *Default no toes*, por ser el único que posee un sistema facial agregado al del cuerpo (sin agregar los huesos de los dedos de los pies, que no se consideran necesarios en este Proyecto), sumando un total de 163 huesos. Se puede ver el resultado en la Figura 144.

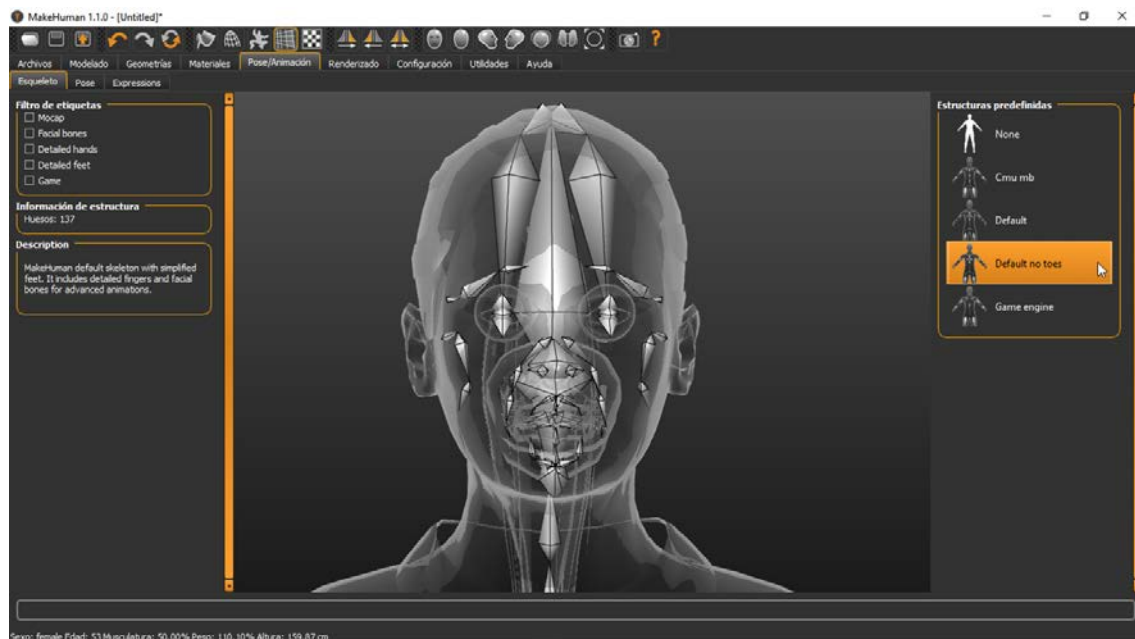


Figura 144 - Selección de sistema de huesos completo en MakeHuman

En la pestaña de Pose, se escoge la Pose-T, ya que es la más utilizada a la hora de animar debido a que el cuerpo se encuentra estirado y los huesos para la animación encuentran las referencias de movimiento con mayor facilidad (ver Figura 145).

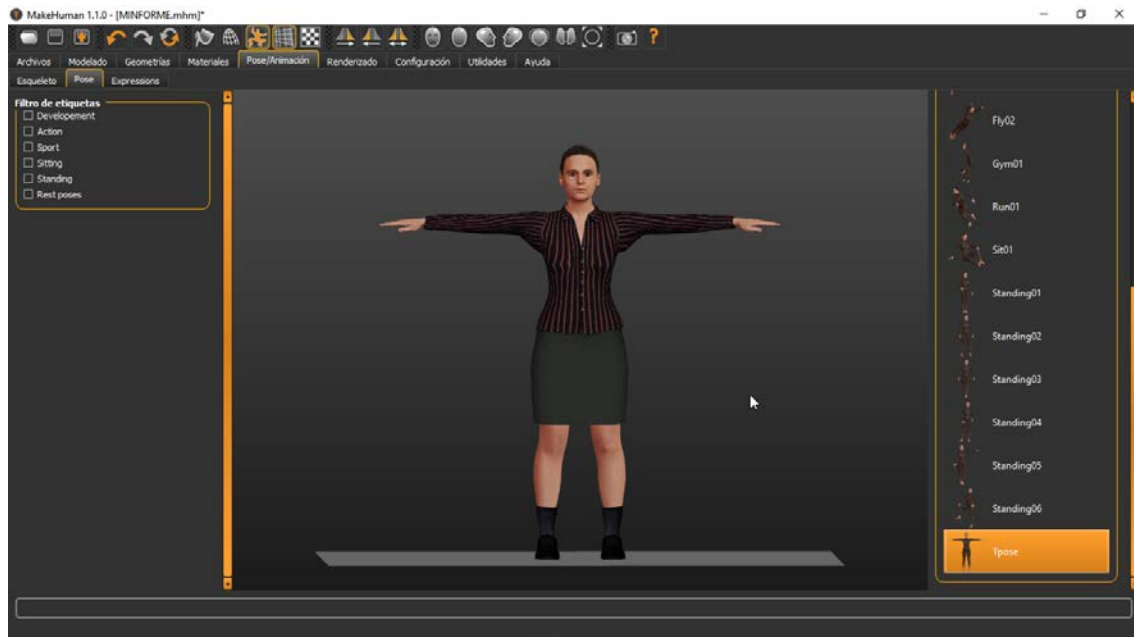


Figura 145 - Selección de Pose en T en MakeHuman

Para generar el personaje creado, se selecciona el apartado *Archivo*<Exportar donde el modelo debe ser guardado en **pulgadas** para garantizar la compatibilidad con **3DS Max** y así establecer una relación de escala que no se debe perder para garantizar un archivo lo menos corrupto posible. El formato debe ser FBX, y que mantenga los pies en el suelo (se selecciona en el panel de la derecha). Se pueden ver todos los elementos necesarios seleccionados en la captura de la Figura 146).

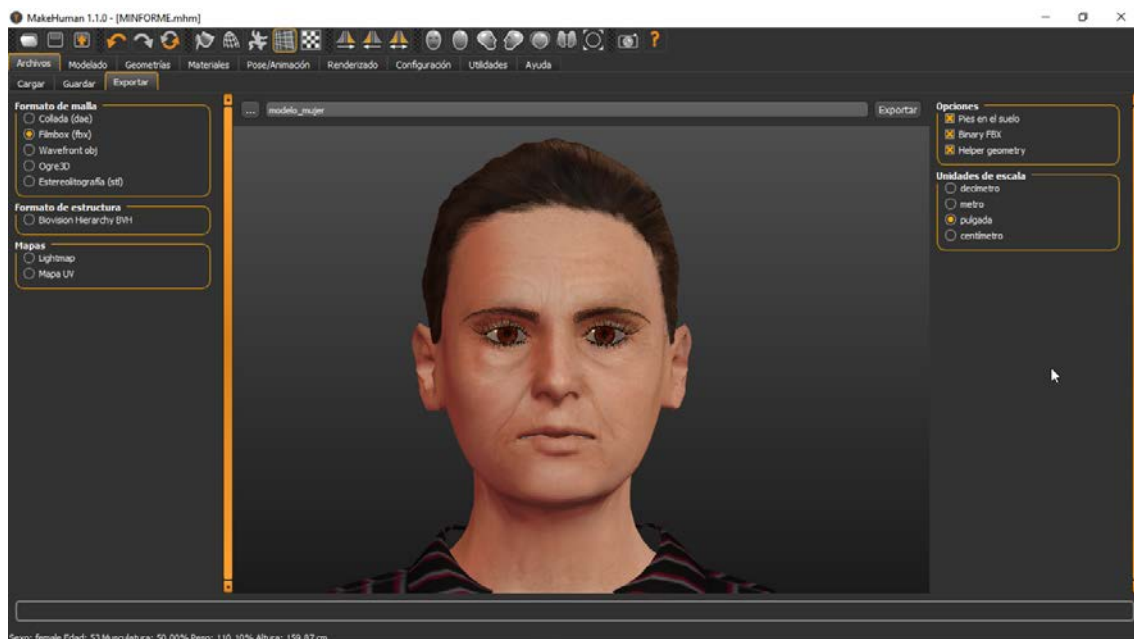


Figura 146 - Parámetros de exportación de MakeHuman

C.2 ANIMACIÓN CORPORAL

Se accede a la página y registrarse como usuario, se pulsa *Rig Your Character* y se selecciona el archivo FBX generado por **MakeHuman** (ver Figura 147).

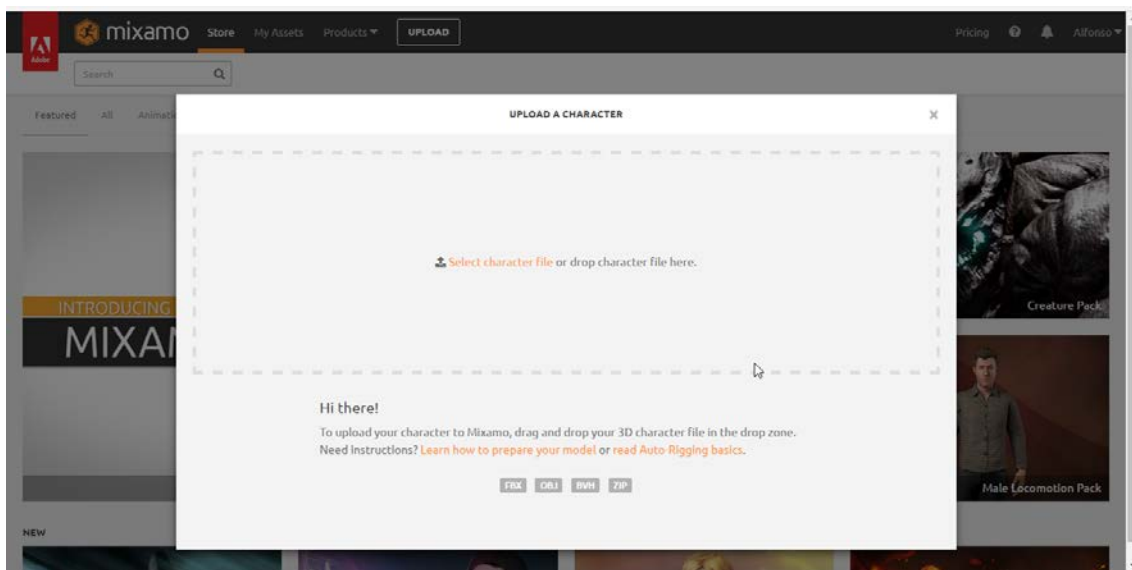


Figura 147 - Menú de importación de Mixamo

Cuando se sube el modelo a **Mixamo**, este traduce el sistema de huesos de otros programas al suyo propio, con el que logra ejecutar animaciones predefinidas en cualquier modelo con esqueleto bien ejecutado. A este paso se le denomina *auto mapping* de huesos. Para garantizar el buen funcionamiento de las animaciones, se modifica el *mapping* que genera automáticamente el programa para transformar los huesos importados a su propio formato.

En la Figura 148 se observan dos conjuntos de huesos: el del modelo importado a la derecha y el que genera **Mixamo** a la izquierda. En este paso se debe seleccionar cada punto de huesos del esqueleto de **Mixamo** y llevarlo al conjunto de huesos del modelo importado, con lo que el programa establecerá las distintas partes del cuerpo del modelo desde los pies a la cabeza.

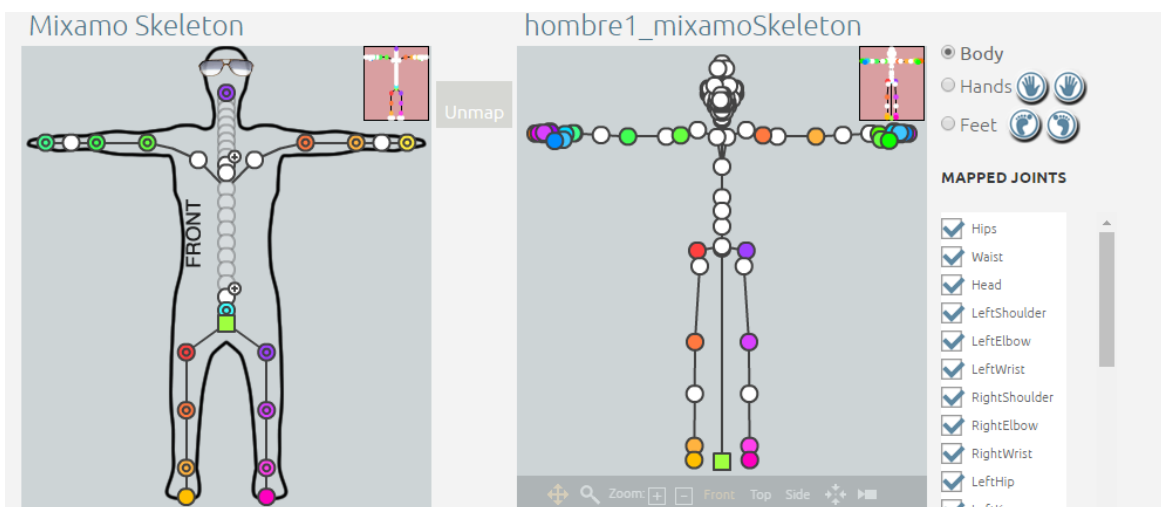


Figura 148 - Sistema de mapeado de huesos de Mixamo

Este paso se puede omitir en ciertas ocasiones en las que el programa realiza el mapeado sin fallo alguno, pero así se asegura que los resultados sean correctos. El próximo paso consiste en generar las animaciones.

En la parte superior de la pantalla, se encuentra la pestaña de *Animations* (ver Figura 149) se observa se muestra toda la biblioteca de animaciones de **Mixamo**. Para encontrar las animaciones, se introducen en el buscador palabras clave o *tags* como *breath* (respirar), *happy* (felicidad) o *cry* (llorar) y así, comprobar que animaciones se pueden aprovechar para el personaje. Aquellas que pasen el corte deseado, se pueden guardar en Favoritos para manipularlas con más facilidad a posteriori.

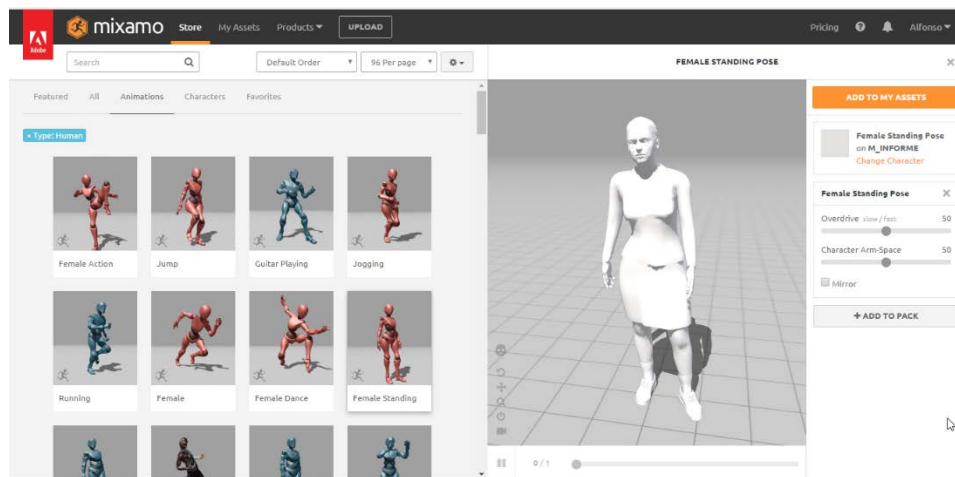


Figura 149 - Biblioteca de animaciones de Mixamo (izada.) con personaje de mujer importado (dcha.)

Muchas animaciones se acompañan de unos modificadores que regulan la posición de las partes del modelo o la ejecución de unos movimientos u otros. Como el objetivo de este proyecto es generar animaciones emotivas y objetivas en la medida de lo posible, se modifican todas aquellas que contengan los modificadores necesarios para obtener resultados diferenciales. En la Figura 150 se pueden ver a la derecha los distintos parámetros de la animación *Laughing* (Reírse) como el movimiento de los brazos o la cantidad de "risa" del personaje. Situando los deslizadores a cada extremo, se obtiene una animación emotiva y otra objetiva.

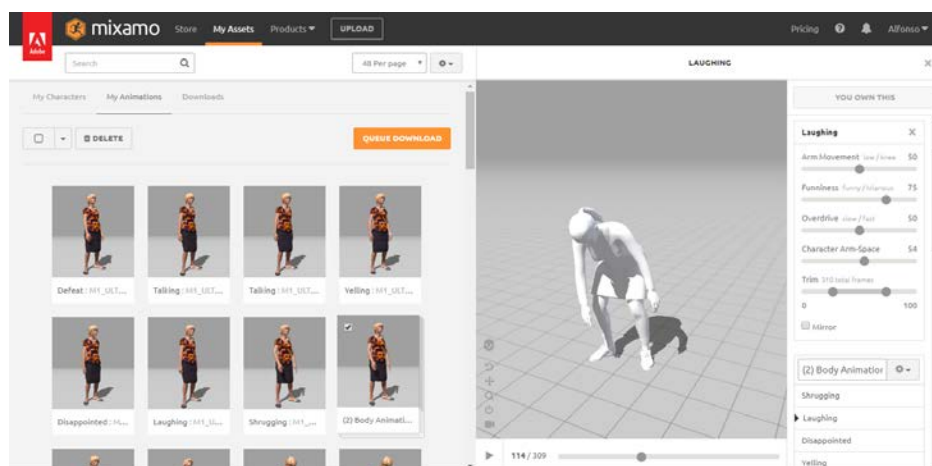


Figura 150 - Parámetros de animación modificados (dcha.) en Mixamo

En el apartado 4.3.2 del Proyecto se puede ver la lista de todas las animaciones corporales descargadas a través de **Mixamo**. Para que el formato de exportación de **Mixamo** sea correcto, se deben marcar las siguientes casillas en la ventana de descarga (ver Figura 151):

- Formato FBX para **Unity**
- Modelo en pose T
- Animaciones de 60 FPS (mayor calidad de animación)
- Importar animaciones sin malla, solo esqueleto

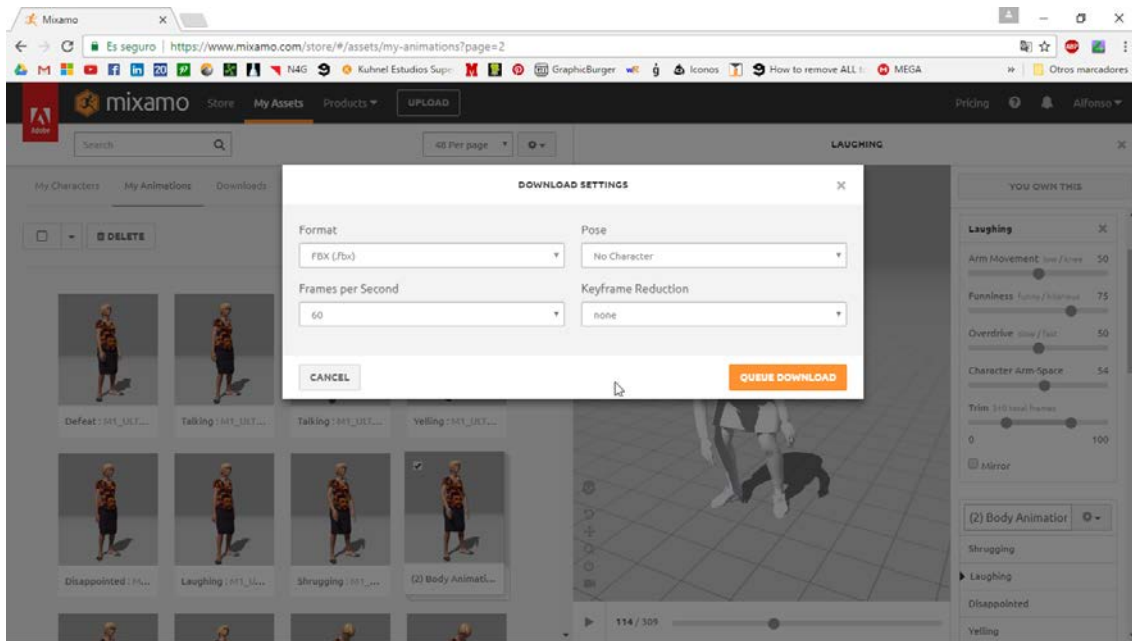


Figura 151 - Página de descarga de Mixamo

Los archivos FBX generados ya pueden ser importados como animación en **3DS Max** y **Unity**. El siguiente paso consiste en generar las animaciones que **Mixamo** no puede ejecutar: las faciales, para lo que se usará 3D Max

C.3 PREPARACIÓN DEL MODELO EN 3DS MAX

Al importar el modelo en **3DS Max** (se mantienen la medida estándar de pulgadas y se marcan con un tic las casillas de *Animation* y *Embed Media*, que activan el uso del esqueleto y la visualización de los materiales en la propia herramienta (ver Figura 152)).

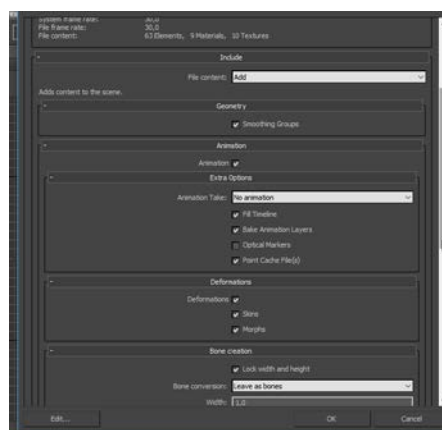


Figura 152 - Menú de importación de 3DS Max

Lo primero que llama la atención, es la mala visualización de las texturas en el modelo (ver Figura 153). Eso es debido al modo en que los distintos programas manejan la visualización de los materiales y texturas, por ello, hay que configurar en **3DS Max** los parámetros necesarios en el *Material Editor*.

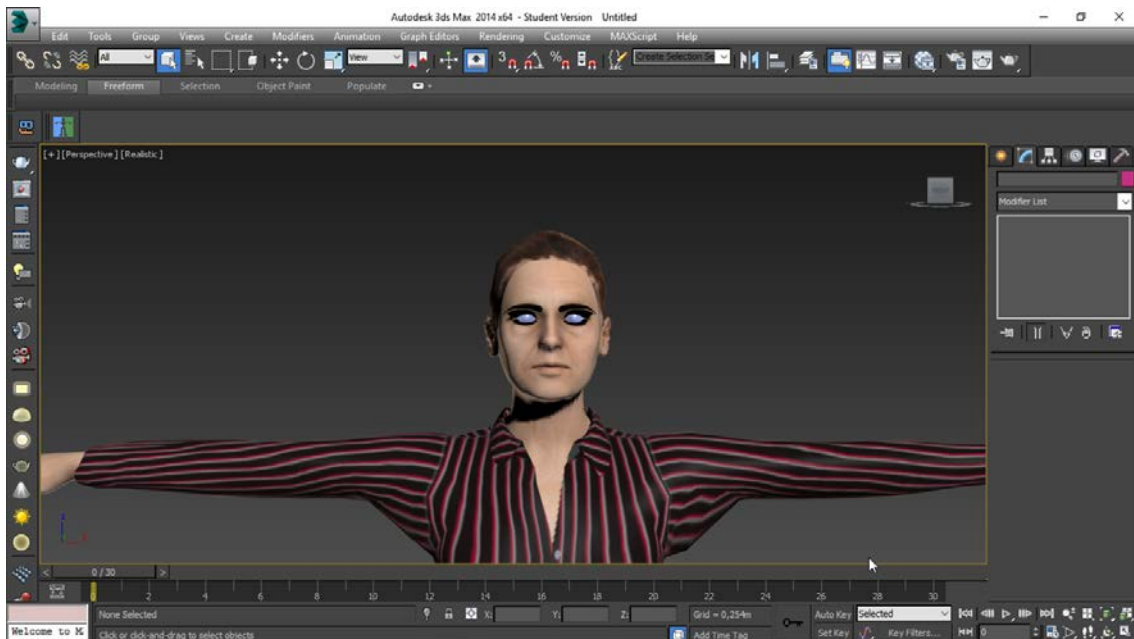


Figura 153 - Modelo de mujer importado en 3DS Max

Para solventar esto, en la parte superior a la derecha se encuentra el *Material Editor*. Se abre y se importan todas las texturas del modelo de la escena (ver Figura 154). Las texturas que han de arreglarse son: ojos, pestañas, pelo y cejas. Se seleccionan una a una haciendo clic en el *Bitmap* y en el cuadro que aparece a la derecha y se modifican el parámetro *Alpha Source* a *Image Alpha* tal y como se ve en la Figura 155.

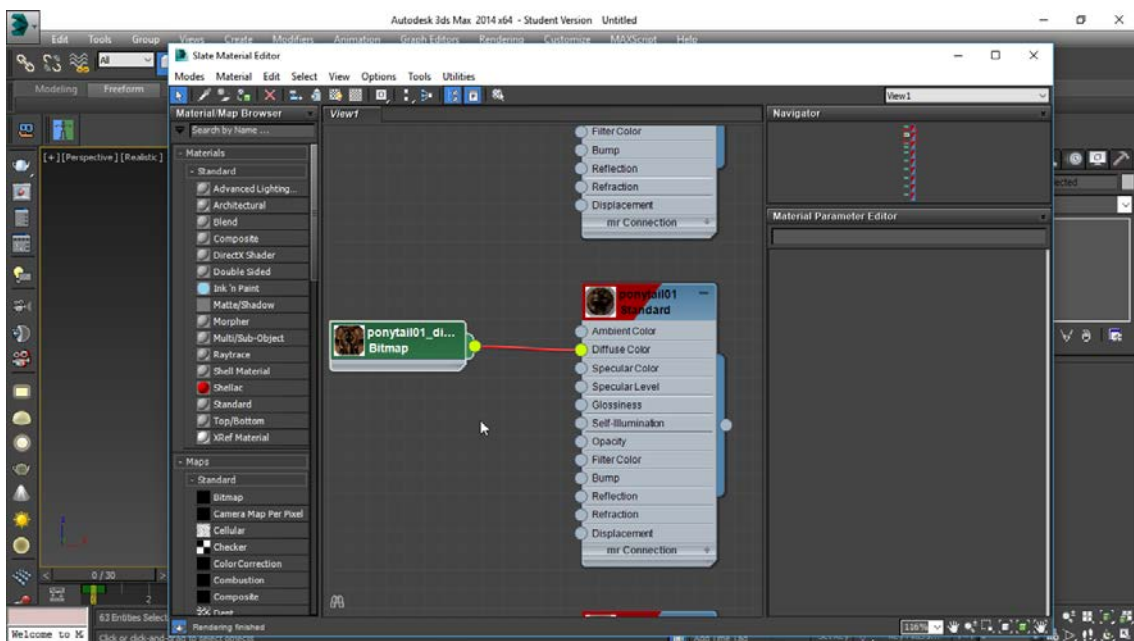


Figura 154 - Material Editor de 3DS Max

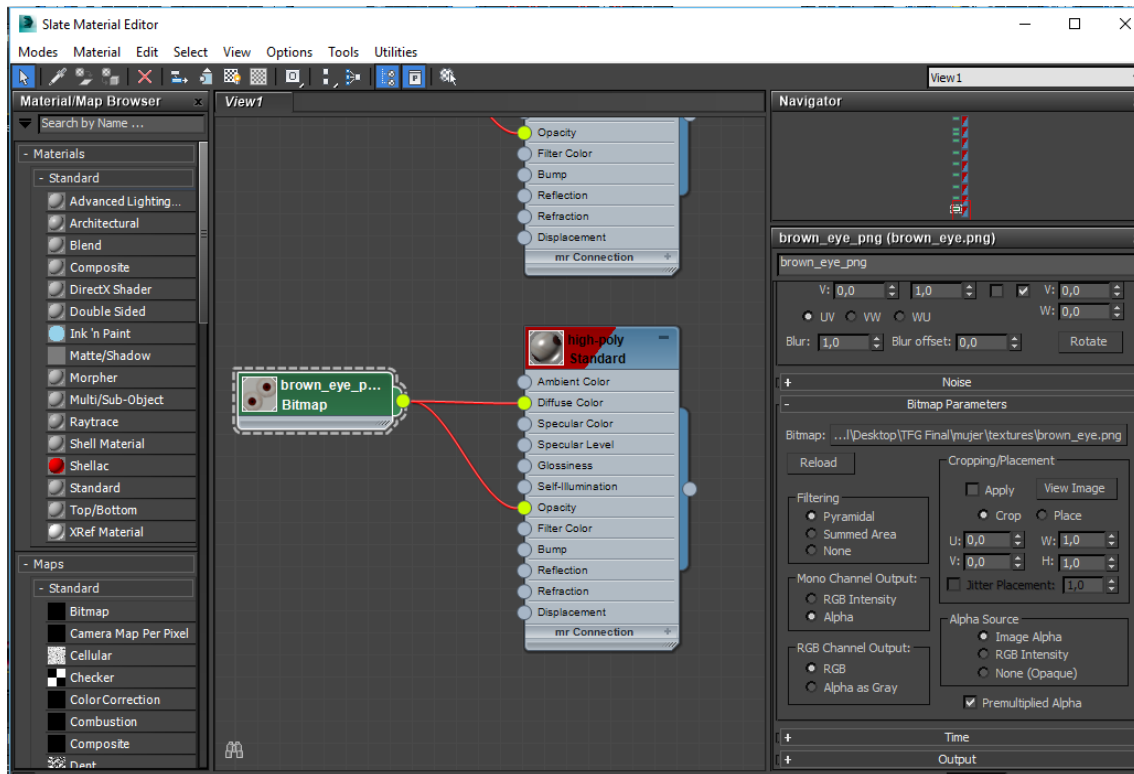


Figura 155 - Parámetros configurables para el material de la malla de los ojos

Con este cambio, se activan los canales alfa simulando la transparencia las partes de la textura que no tienen imagen para dotar de un mayor realismo a esta, como se puede observar en la Figura 156.

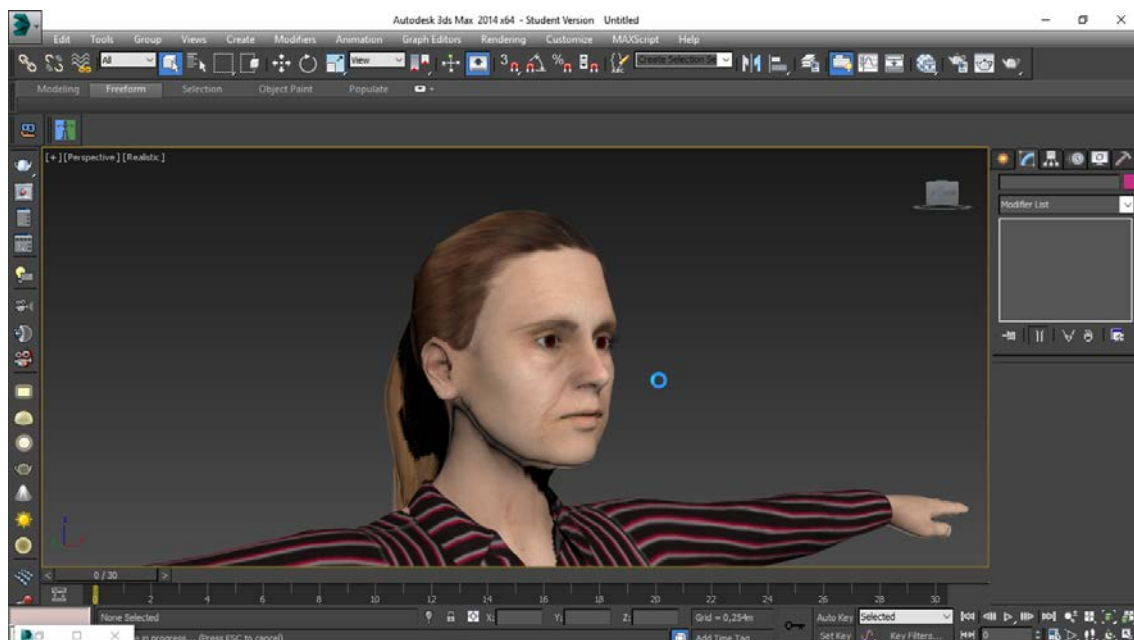


Figura 156 - Modelo de mujer con los cambios de material realizados en 3DS Max

El siguiente paso es mejorar la textura y malla de la piel para dotar de mayor realismo al conjunto, para lo cual, se selecciona solo la malla de la piel y se exporta en formato OBJ únicamente dicha malla, como muestra la Figura 157.

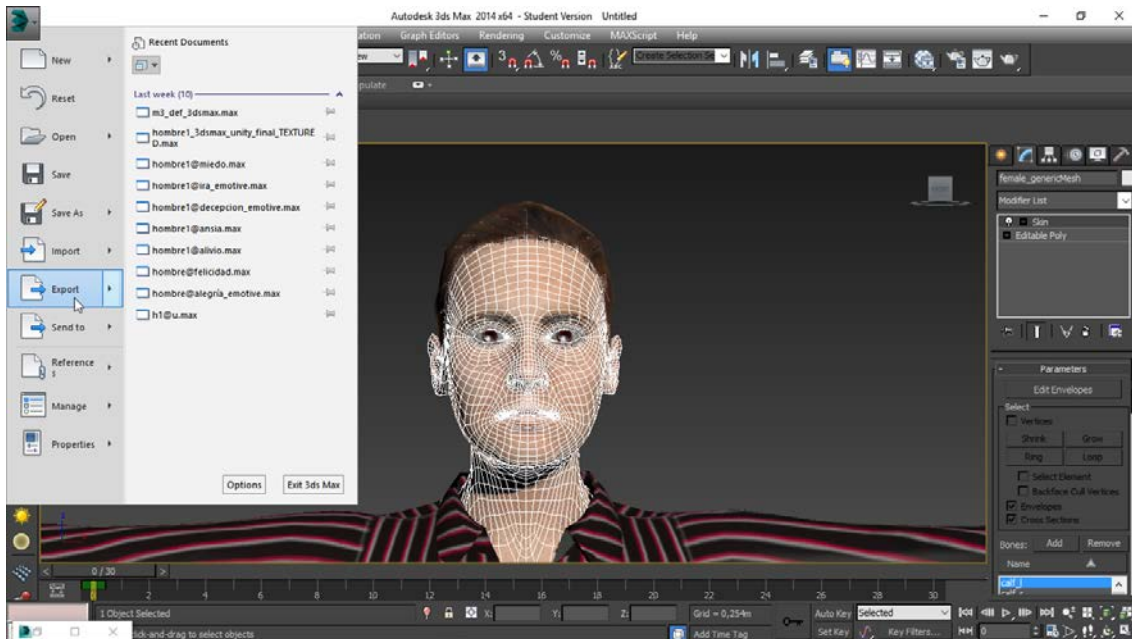


Figura 157 - Selección de la malla de la piel para exportarla en 3DS Max

C.4 RETOQUE DE TEXTURAS Y DE MALLA

El primer paso para esta mejora se realizará en **Zbrush** es el programa escogido para retocar el modelo y generar un mapa de textura normal que dote de pequeños detalles como los poros y las arrugas al resultado final.

Se abre el programa y se importa la malla anteriormente guardada para colocarla en la escena como muestra la Figura 158.

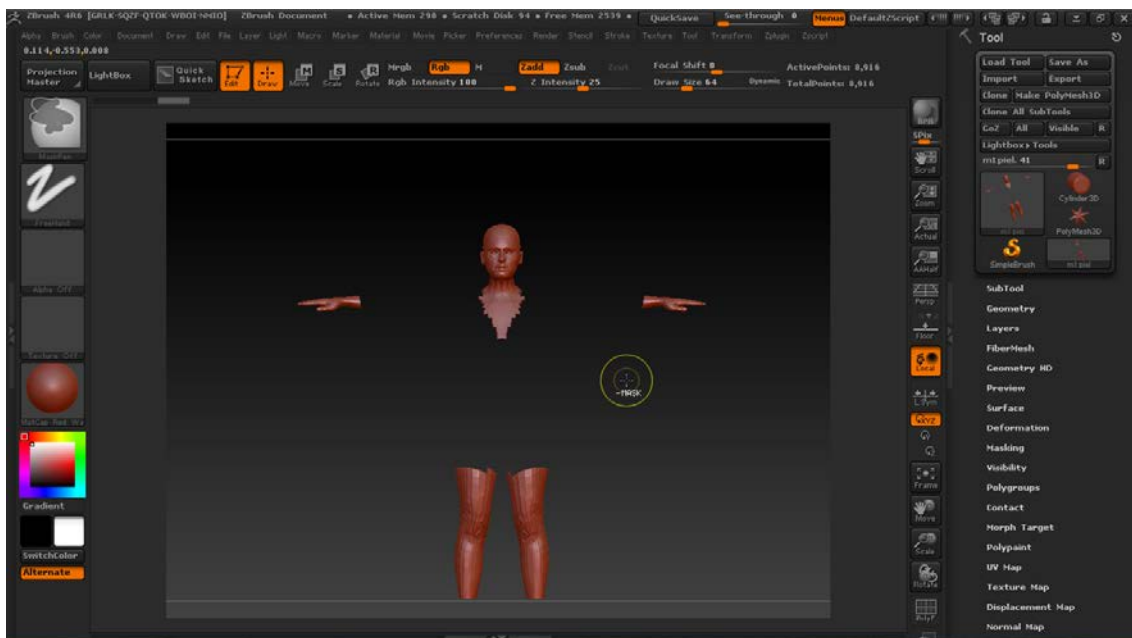


Figura 158 - Malla de la piel importada en Zbrush

En el menú de la derecha, se selecciona el apartado **SubTool** y se ejecuta el comando **Divide** al menos 3 veces, haciendo que el conjunto aumente el número de polígonos con el objetivo de

conseguir un nivel de detalle más elevado a la hora de retocar la malla y la textura (ver Figura 159).

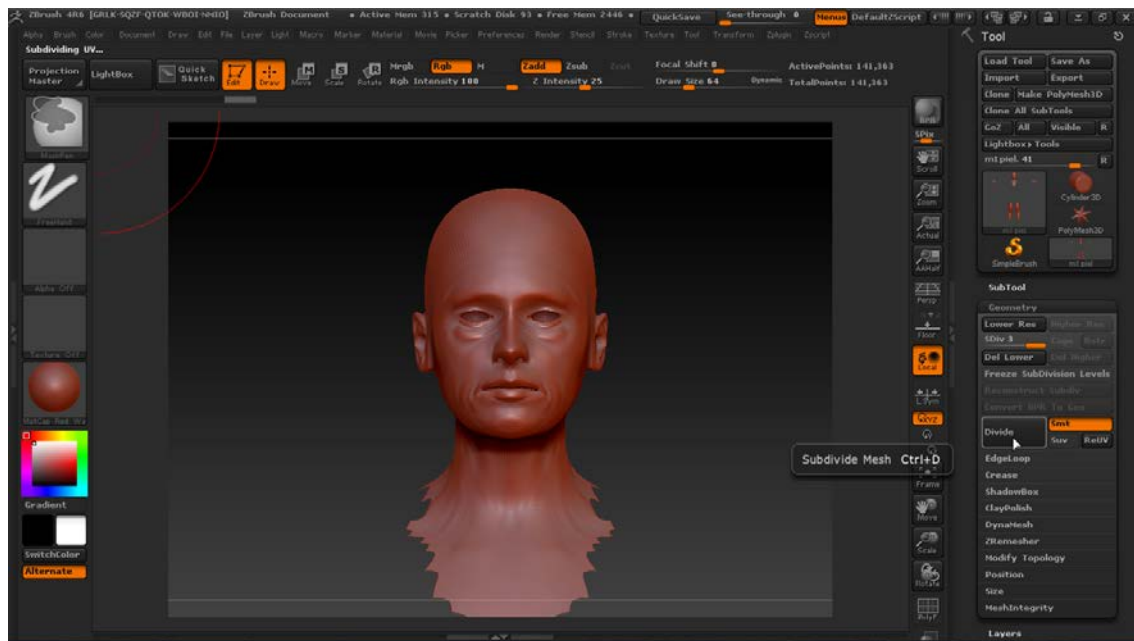


Figura 159 - Nivel de polígonos aumentado en Zbrush

A continuación, se selecciona el apartado *Texture* de la barra superior a la derecha y se hace clic en *Import* (ver Figura 160) para añadir a la escena cualquier textura que mejore el realismo del conjunto.

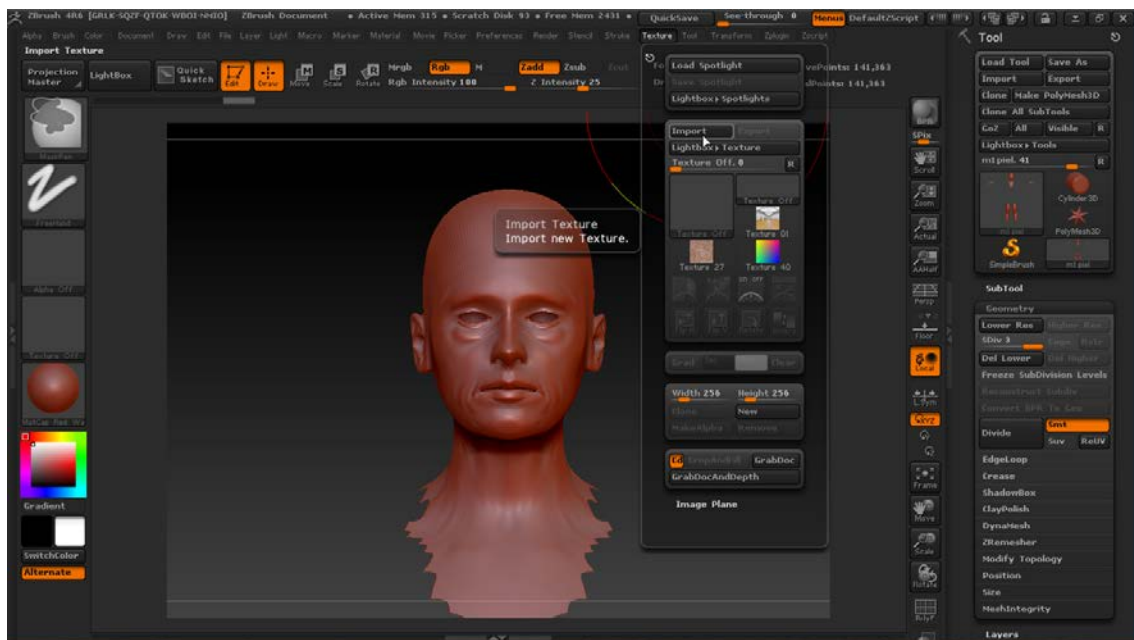


Figura 160 - Importación de texturas en Zbrush

Spotlight es una herramienta para usar los pinceles de **Zbrush** con el objetivo de pintar cualquier archivo de imagen importado, sobre el modelo 3D. Para este Proyecto, se decide recurrir a una imagen con una textura realista de las distintas partes de la cara de un ser humano real.

Después, se importa la textura (previamente descargada o generada) en **Zbrush**, se ejecuta *Spotlight* desde el desplegable de *Texture*, se selecciona la textura (ver Figura 161) y se comienza a pintar por el relieve del modelo (ver Figura 162), girando este para poder pintar adecuadamente las partes que corresponden a los lados o el cuello y la parte superior de la imagen (ver Figura 163).

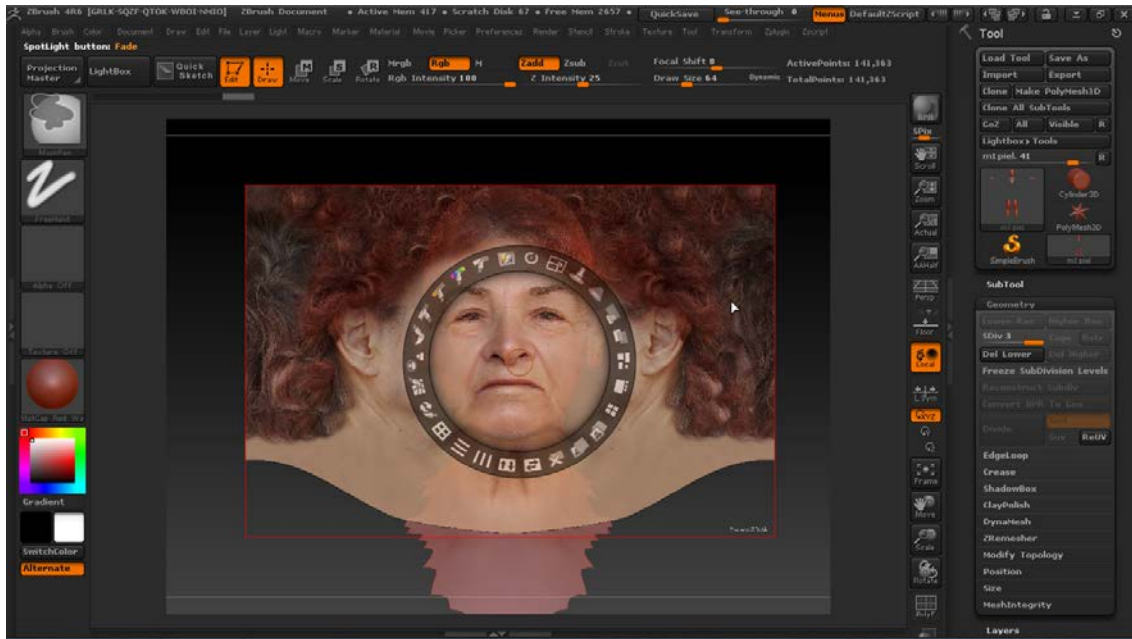


Figura 161 - Herramienta Spotlight activada con textura activa en Zbrush

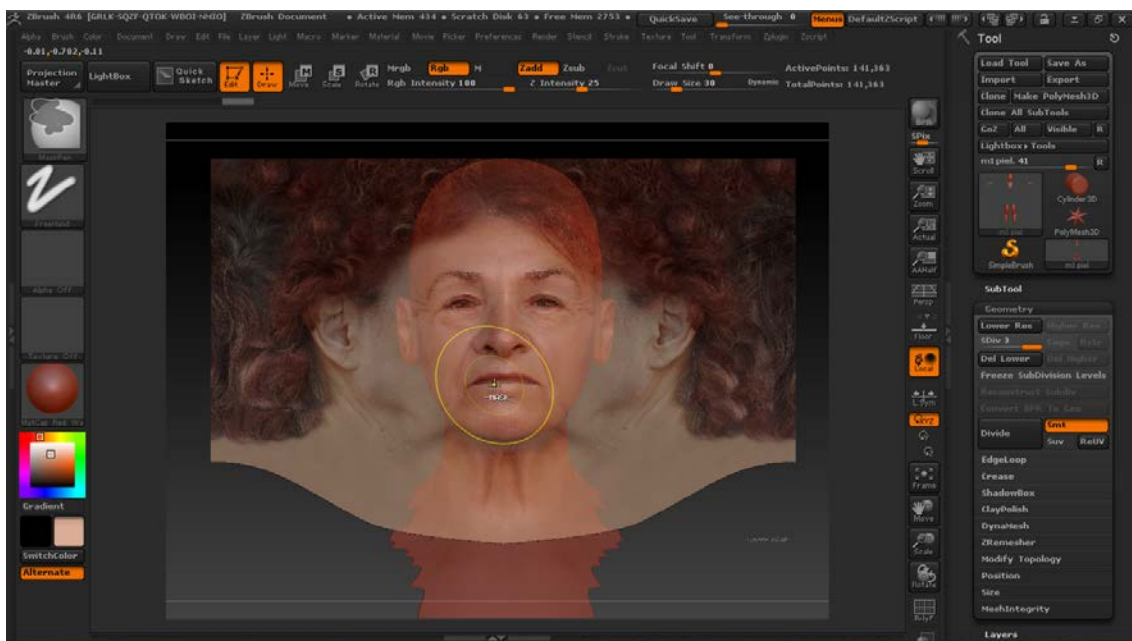


Figura 162 - Pintura de la textura con el pincel estándar sobre el modelo

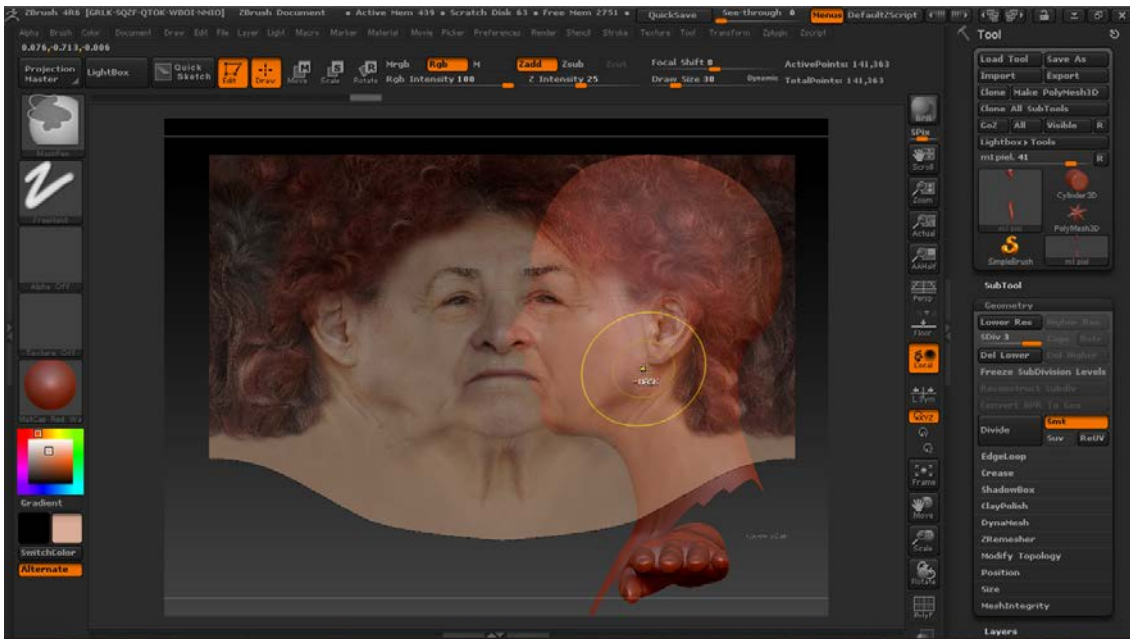


Figura 163 - Modelo girado para acceder a todas las zonas que permita la textura

Tras pintar el modelo (se puede ver el resultado en la Figura 164), se aprecian con claridad algunas zonas nuevas con pliegues o arrugas en la piel, que dotan de más realismo al conjunto. Por lo que habrá que incorporar dichos cambios a la malla del modelo.

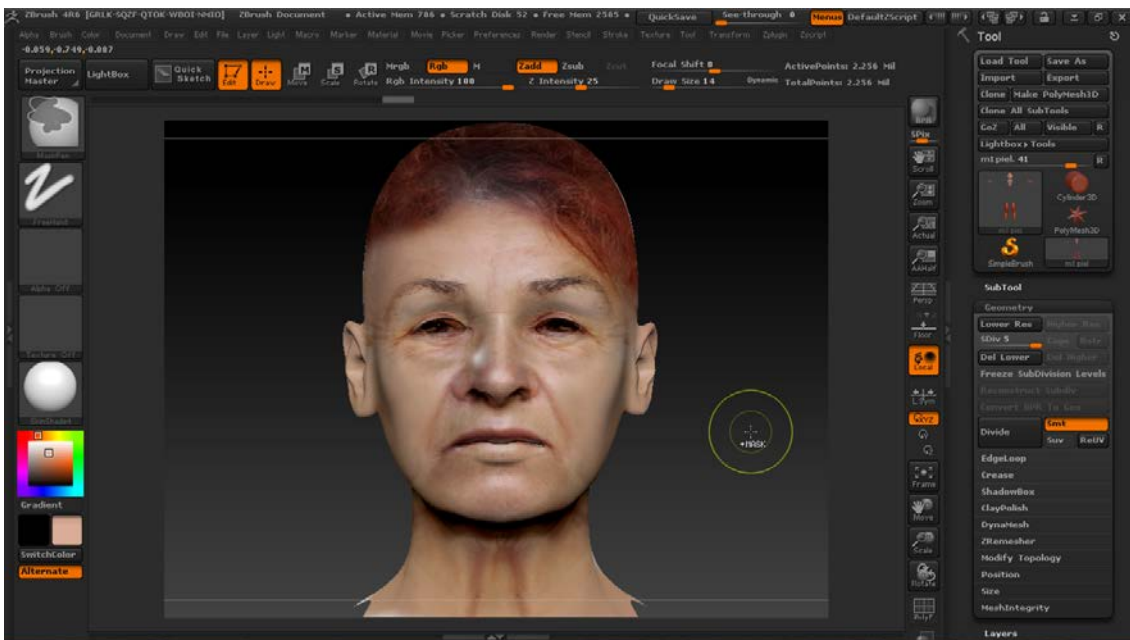


Figura 164 - Malla del modelo con la textura pintada

Los pinceles de **Zbrush** moldean como si fuera arcilla cualquier modelo 3D importado o creado. Para plasmar las arrugas en el modelo y generar un nuevo mapa de imagen con ellas, se emplean los pinceles de **Zbrush Dem_Standard** para las líneas arrugas (ver en la Figura 165) y **Skin_Pores** por toda la piel para generar los poros de esta (ver Figura 166).

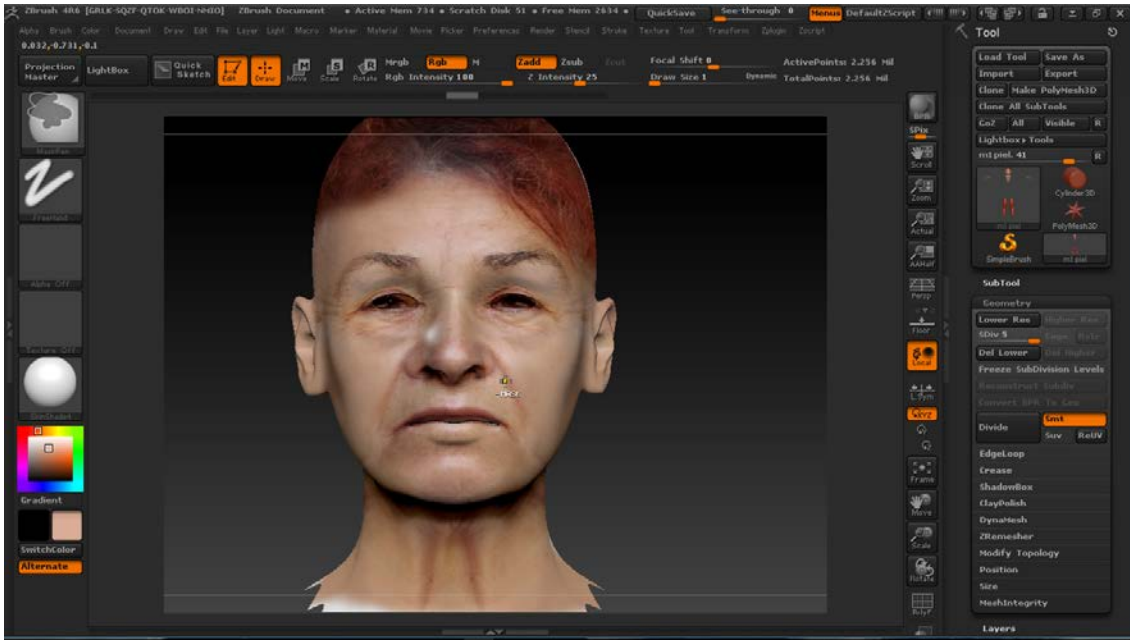


Figura 165 - Generación de arrugas con pincel Dem_Standard en Zbrush

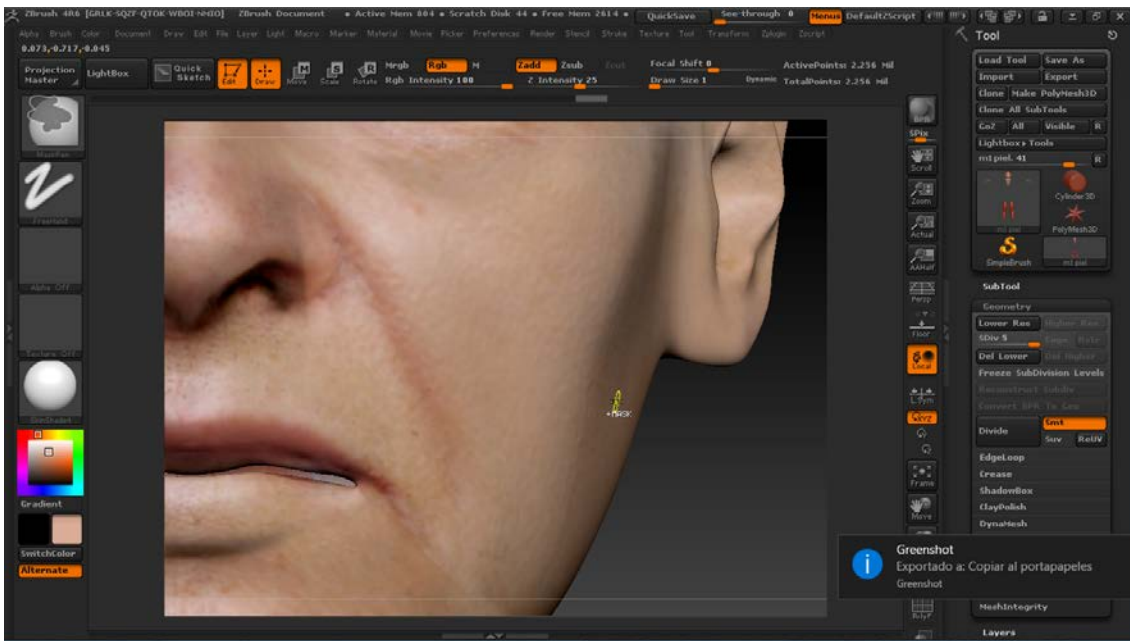


Figura 166 - Generación de poros con pincel Skin_Pores de Zbrush

Tras esto, se selecciona el apartado *Texture Map* del menú de la derecha y en el submenú *Create* hacemos clic en *New From Polypaint*, para generar el nuevo mapa de textura que se ha pintado sobre el propio modelo (ver Figura 167).

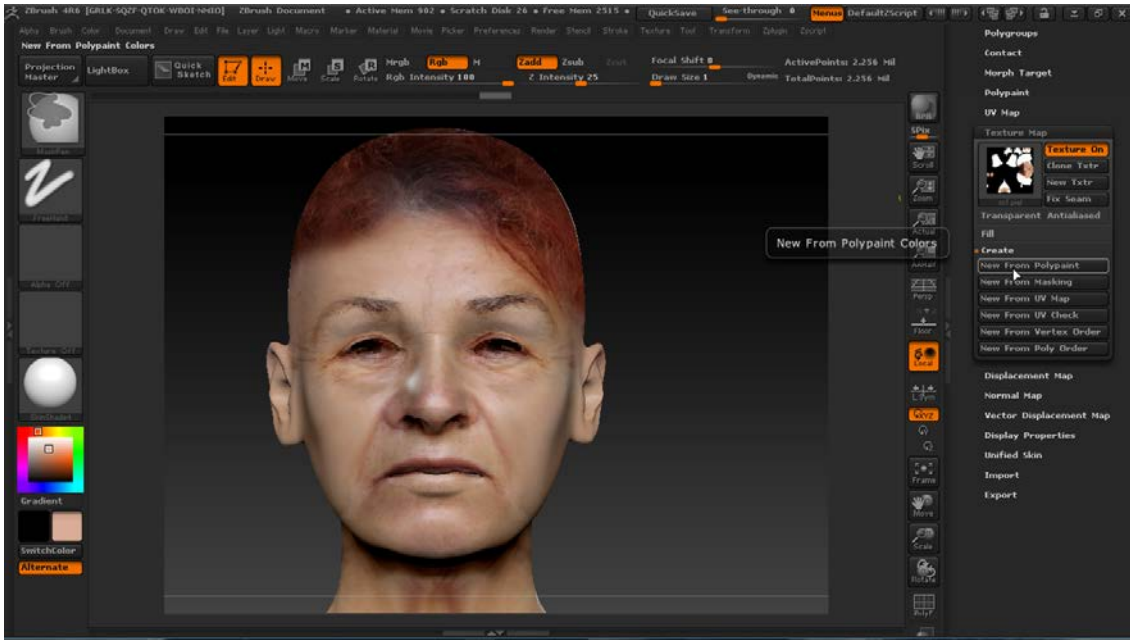


Figura 167 - Generación de mapa de textura en Zbrush

Para desarrollar el mapa normal que contenga las arrugas y poros realizados en el modelo, lo primero es bajar el nivel de poligonos al mínimo desde la herramienta Divide y posteriormente, seleccionar en el menú de la derecha *Normal Map* y hacer clic en *Create NormalMap* (ver Figura 168).

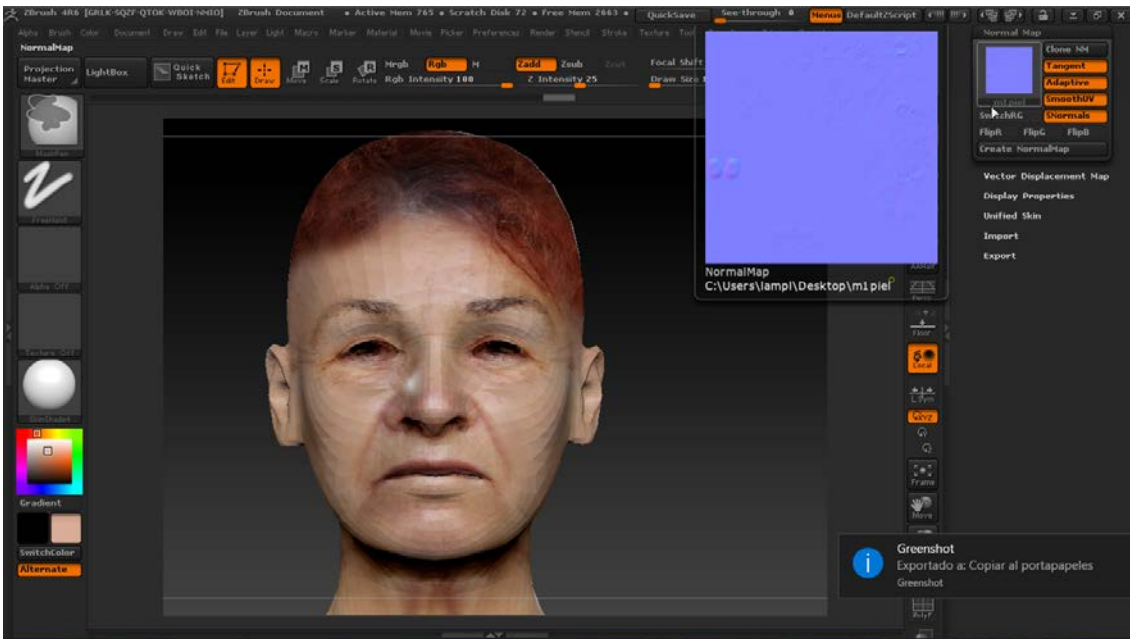


Figura 168 - Generación de mapeado normal en Zbrush

El próximo paso consiste en aplicar la textura generada (ver Figura 169) en el archivo original de la textura, gracias a la herramienta **Photoshop**.

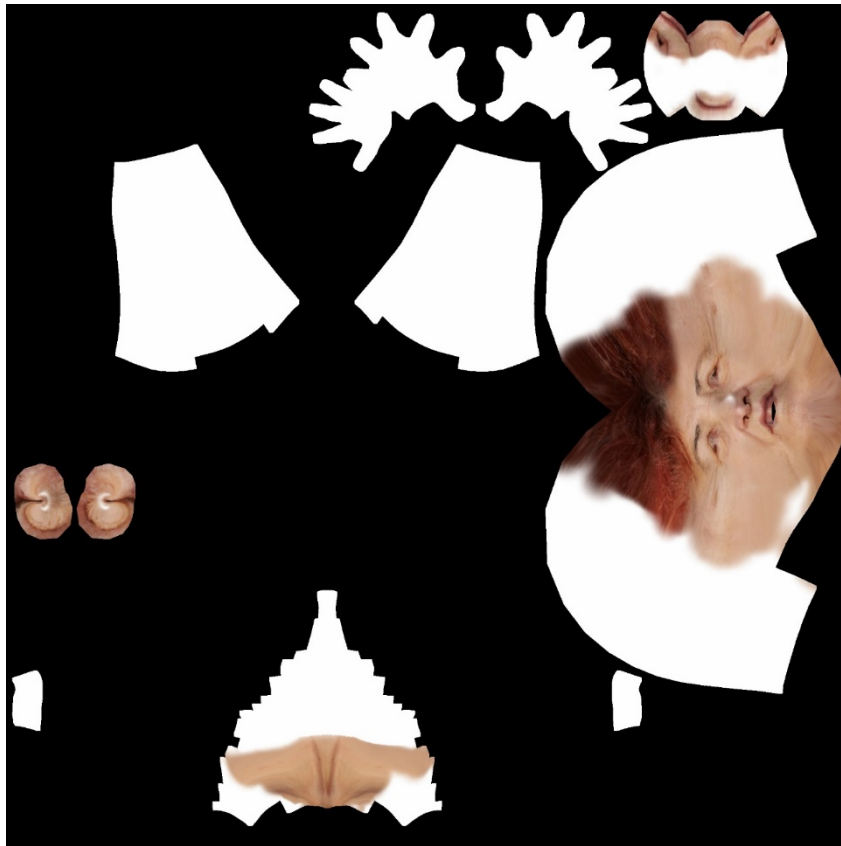


Figura 169 - Textura final exportada desde Zbrush

En **Photoshop**, se abre como archivo inicial la textura obtenida de **MakeHuman**, y después se añade el mapa de imagen generado mediante *Spotlight* para combinarlos usando máscaras de capa (que filtren solo la parte generada de la cara) y un filtro de fusión de capa *Color* para que se adapten los colores de la textura creada al de la imagen original (ver resultado en Figura 170).

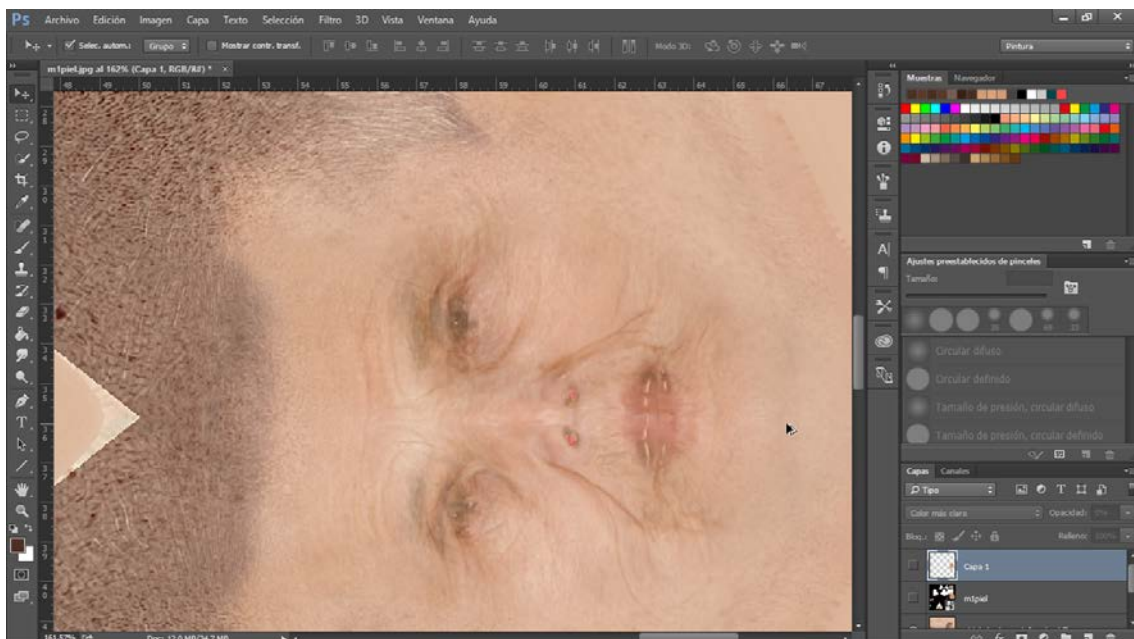


Figura 170 - Textura original de MakeHuman en Photoshop

Después se corrigen los pequeños detalles con el *Pincel Corrector* en las zonas de cambio de color en el cuello o en la mejilla donde se ha superpuesto la imagen y se recomienda usar pinceles que imiten los poros o las manchas de la piel para mejorar más el resultado de la imagen final (ver Figura 171).

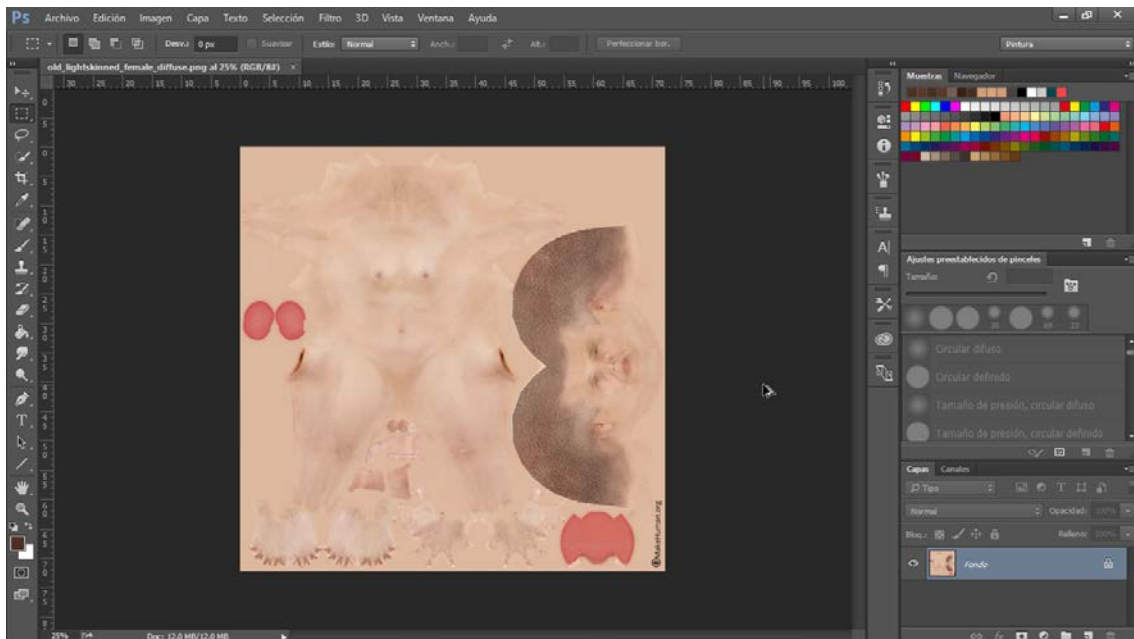


Figura 171 - Textura final retocada en Photoshop

Se guarda la textura y se reemplaza por la original, para que todos los archivos que hicieran uso de ella tengan a la nueva como predeterminada. A continuación, se deben generar las animaciones restantes en **3DS Max**.

C.5 ANIMACIÓN FACIAL

En este apartado, se amarrarán las expresiones faciales de las emociones básicas, los estados de ánimo, los visemas y el movimiento de los ojos y los párpados. Se comienza por la animación del sistema ocular. Para tratar con los huesos de cualquier esqueleto, es preciso ocultar la geometría desde el menú *Display* y seleccionarlo manualmente o seleccionar el hueso desde el listado de referencias del programa.

El primer paso es crear el *rigging* de los ojos para facilitar la manipulación de estos. Esto se consigue al crear unos puntos en el espacio que se convierten en controladores capaces de moverlos gracias a la herramienta *LookAt*, localizada en *Animation/Helpers* (ver Figura 172). Esta herramienta hace que, al moverse el controlador, el objeto ligado, en este caso el ojo, permanezca en la misma posición mientras rota mirando directamente al controlador.

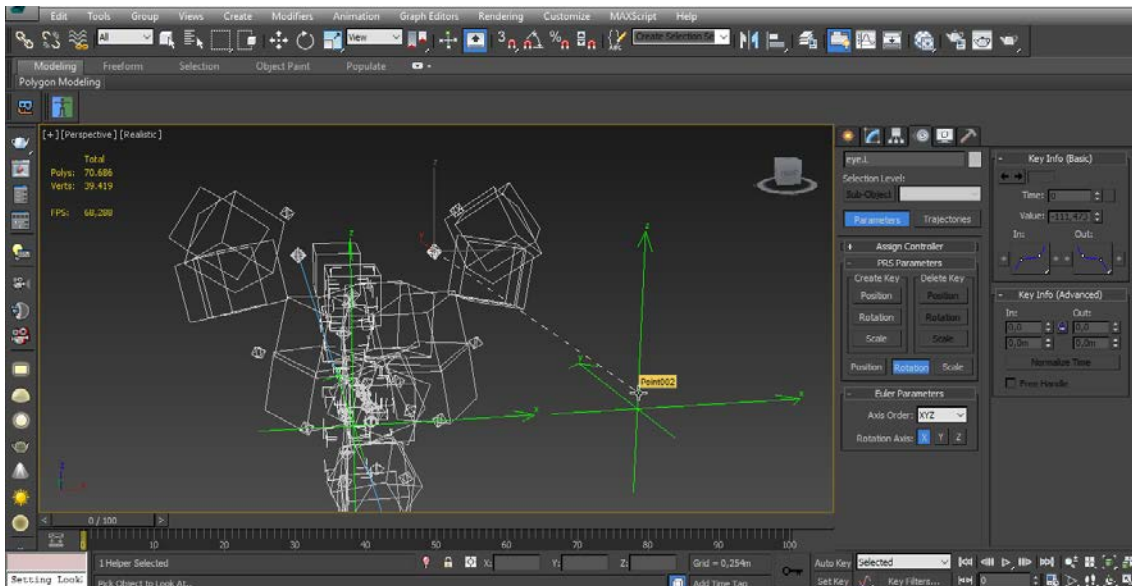


Figura 172 - Comando LookAt: desde el ojo hasta el punto que controla la vista

Se crean dos controladores para poder animar el conjunto de los ojos y generar distintas animaciones con estos para poder combinar con otras fijadas en el cuerpo o la cara y reflejar expresiones con distinto significado, gracias a la mirada.

Tras crear ambos, se agrega un tercer punto de referencia, que en este caso será la figura de un rectángulo (para diferenciarla de los otros puntos) y gracias al comando *Link*, se agregan los controladores de los ojos a este, obteniendo el control de ambos con un solo punto (ver Figura 173).

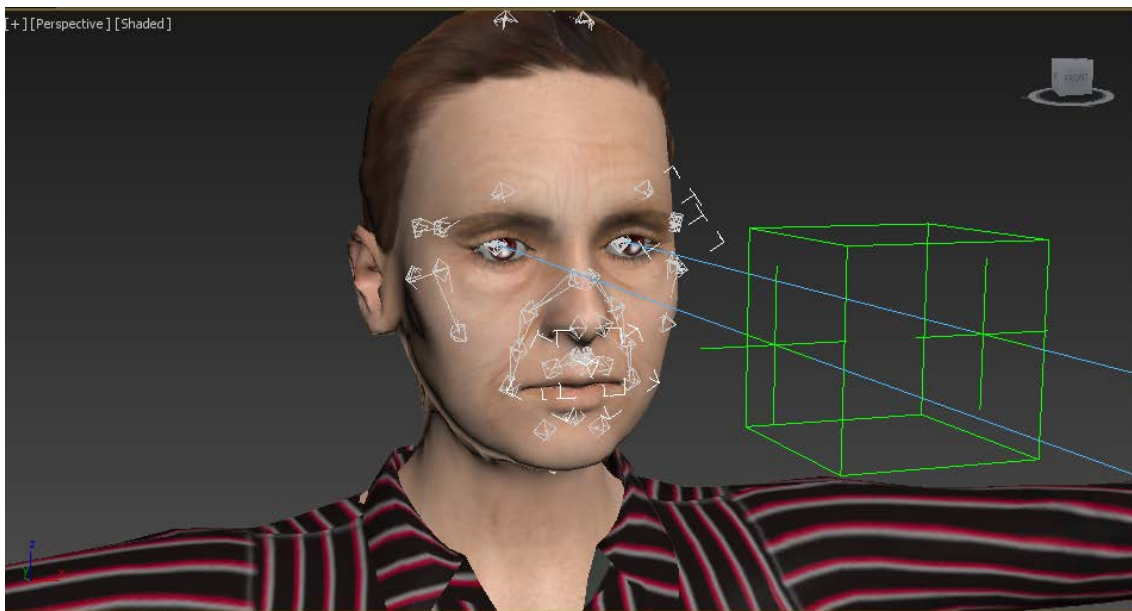


Figura 173 - Visualización de los controladores de los ojos en 3DS Max

Con el sistema de *rigging* de los ojos creado, se realizan las animaciones que tengan que ver con el movimiento ocular. Para toda animación, hay que activar el modo de animación **AutoKey**. Este modo permite guardar y grabar los movimientos generados en la línea de tiempo situada en la parte inferior de la escena. Esta línea de tiempo se divide en *frames*, siendo cada punto de esa línea un *frame* en el que poder realizar y guardar una posición distinta para luego reproducir

todo el conjunto grabado como una animación. Como ejemplo, se muestra la animación Mirar alrededor en la que solo intervienen los ojos. Tras seleccionar *Autokey*, y seleccionar un *frame* en la línea de tiempo, se escoge el controlador de ambos ojos y se mueve a una posición distinta (ver Figura 174). El movimiento se graba automáticamente, por lo que tras esto se escoge otro *frame* y se toma otra posición, obteniendo así la animación deseada.

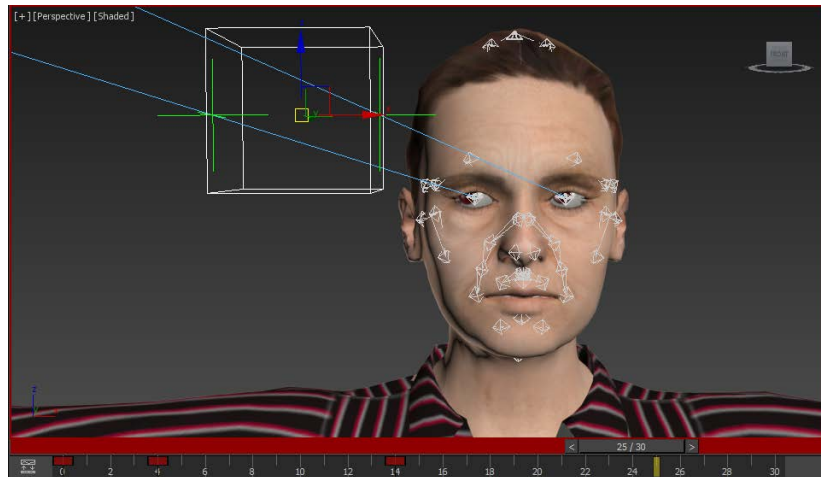


Figura 174 - Realización de animación de los ojos en 3DS Max

Para las animaciones faciales se usan varios huesos de la cara, los cuales se pueden manipular en bloques gracias a los controladores generados por **MakeHuman**. Estos controladores de grupos, modifican en conjunto las siguientes partes: mejillas, nariz, labios, cejas, orejas y barbilla. El modo en el que los huesos se mueven debe ser acorde a lo descrito en el apartado 3.2, donde se definen los movimientos de las partes que componen la cara, aspecto que facilita el desarrollo de las animaciones. Se deben generar dos animaciones para cada emoción básica, unas expresivas con más acentuación de los rasgos y otras objetivas con cambios menos notorios. A modo de ejemplo, se muestra el desarrollo de la animación de la alegría. Con el modelo en estado neutro, se selecciona *Autokey* para comenzar a animar el conjunto (ver Figura 175).

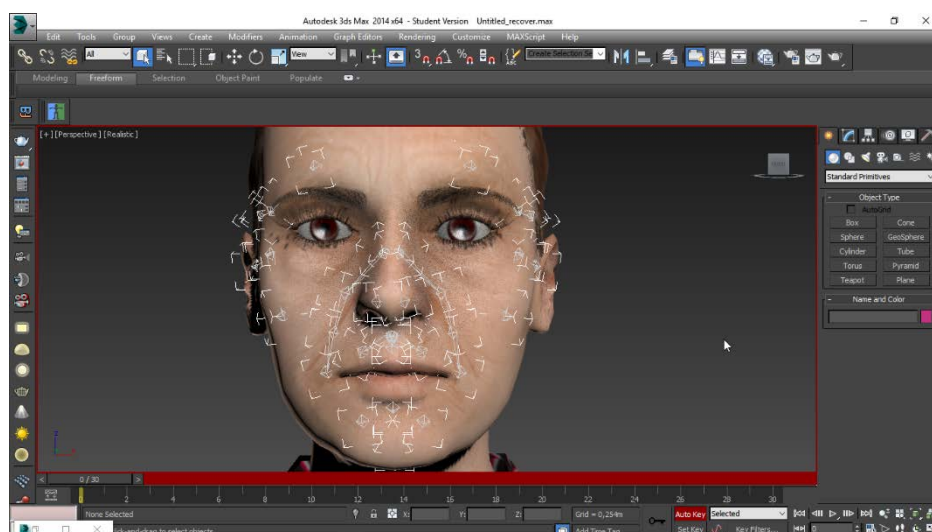


Figura 175 - Selección del comando Autokey para comenzar la animación de la Alegría

Se escoge un frame adelantado en la línea de tiempo y se seleccionan los huesos encargados de mover las comisuras de la boca y de las mejillas (basados en el músculo risorio del cuerpo humano) y tras seleccionar ambos se desplazan hacia arriba en el eje Y (ver Figura 176).



Figura 176 - Desplazamiento de los huesos risorios hacia arriba

Luego se seleccionan ambos huesos encargados de mover las cejas y se elevan levemente hacia arriba (ver Figura 177).

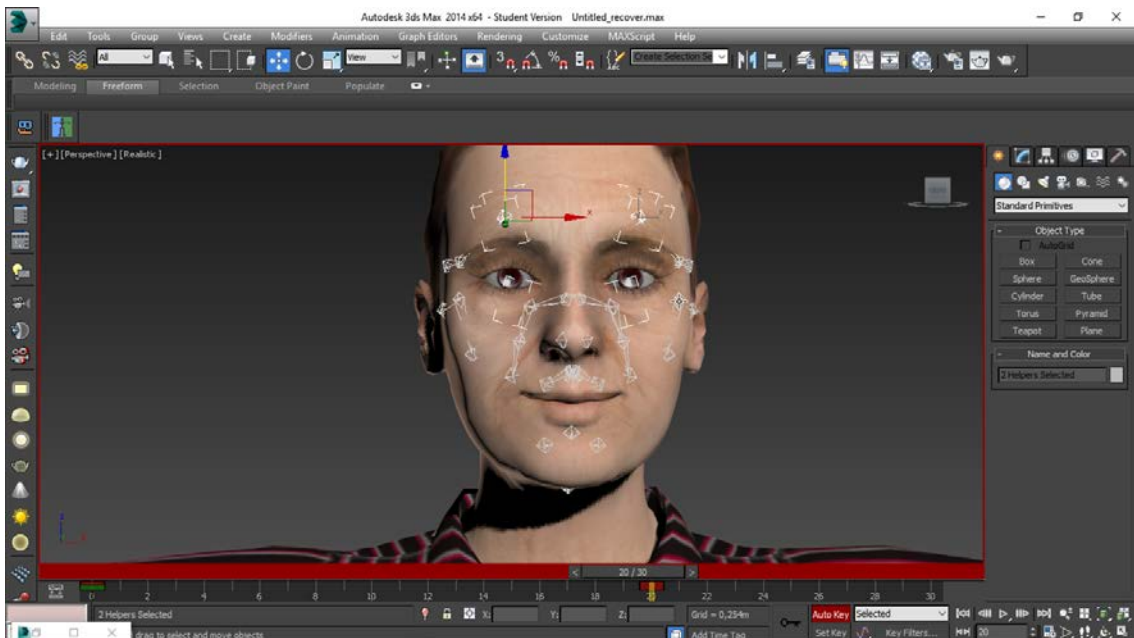


Figura 177 - Desplazamiento de los huesos de las cejas hacia arriba

Finalmente, se seleccionan los huesos de las mejillas y se desplazan hacia arriba para acentuar más la animación de la alegría (ver Figura 178).

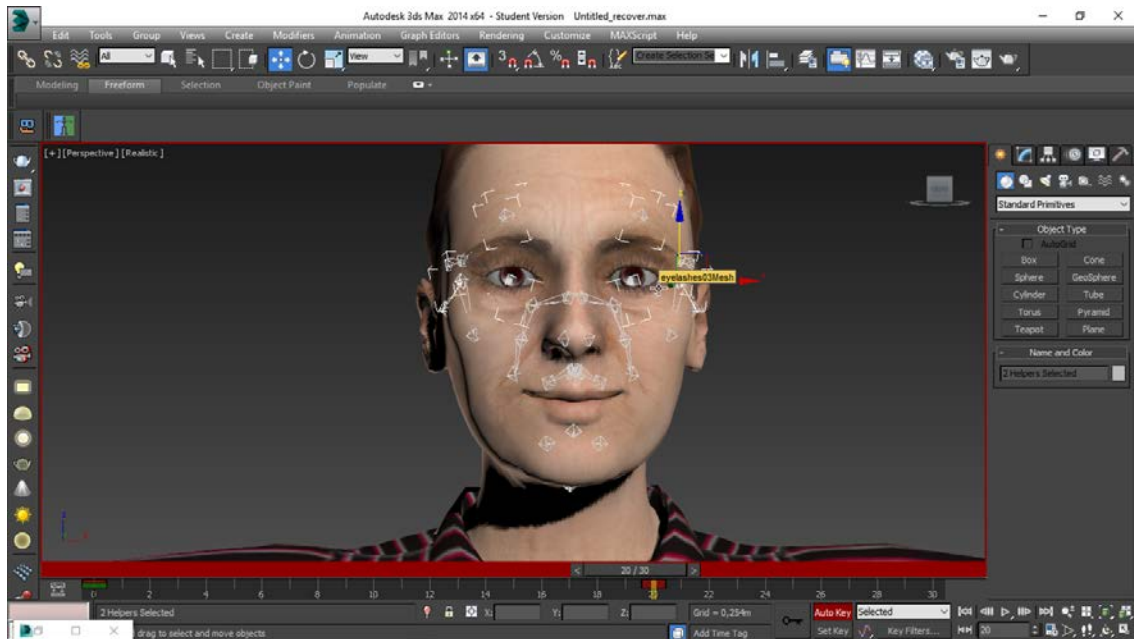


Figura 178 - Desplazamiento de los huesos de las mejillas hacia arriba

Una vez se obtienen los resultados deseados, se exporta la animación sin la geometría y los materiales. Al marcar solo las casillas de animación se graban los movimientos de los huesos realizados, y en otra herramienta se aplican directamente en el modelo importado con el que fueron creadas.

Se muestran en la como ejemplo en la Figura 179 los frames finales de varias animaciones. De izquierda a derecha: sorpresa, asco y miedo.



Figura 179 - Visualización animación sorpresa (izda.), asco (centro) y miedo (dcha.)

Se realizan también las animaciones de los estados de ánimo: exuberante, relajado, aburrido, ansioso, dócil y hostil:

Exuberante: Para plasmar el estado de la exuberancia, se desarrollan las siguientes expresiones faciales: arrogancia y determinación. Para la primera se echa el cuello hacia detrás, manteniendo una mirada por encima del hombro y se eleva una comisura del labio indicando superioridad; para la segunda, se elevan levemente las comisuras de los labios y se frunce un poco el ceño, acentuando la expresión de desear algo con mucha fuerza. Se pueden ver los resultados en la Figura 180.

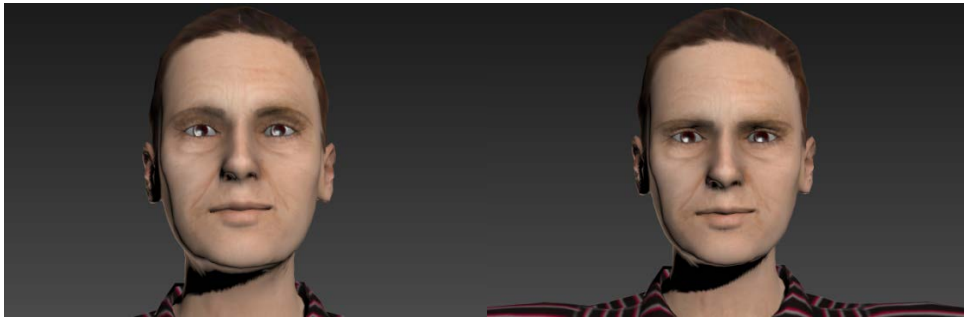


Figura 180 – Expresión de arrogancia (izda.) y determinación (dcha.)

Relajado: Para el estado de la relajación, se desarrollan las siguientes expresiones faciales: placer, sonriendo debido a la comodidad de la situación. Para lo cual se elevan las comisuras de los labios y se cierran los ojos. Además, se echa la cabeza levemente hacia atrás; el estado de inhibición, en el que el personaje se encuentra en su mundo mirando hacia otro lado con los ojos (ver Figura 181) y finalmente, duda o reflexión, animación en la que el personaje no comprende del todo la situación. Para esta última, se bajan bastante las comisuras de los labios y las mejillas y se elevan hacia arriba las cejas. Se pueden ver los resultados en la Figura 182.

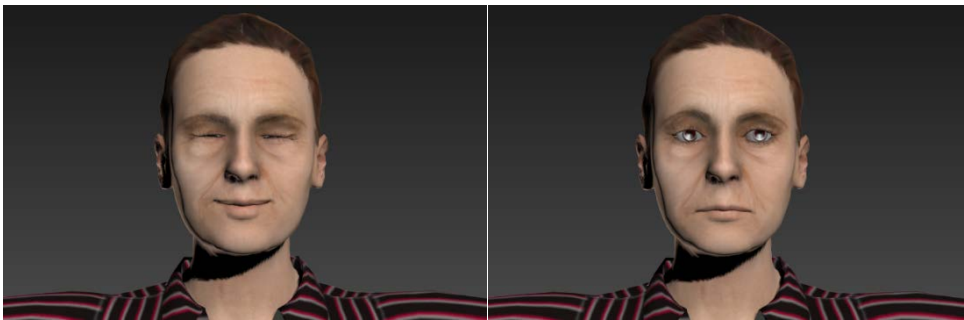


Figura 181 - Expresión de placer (izda.) e inhibición (dcha.)



Figura 182 – Expresión de duda

Aburrido: En el aburrimiento, se desarrollan las siguientes animaciones: el cansancio, representado con unos ojos entrecerrados bajando levemente los párpados y las comisuras de la boca (ver Figura 183) y el bostezo, para acentuar todavía más el cansancio. En este, se cierran completamente los ojos, se abre la mandíbula con una amplitud considerable y se echa el cuello hacia atrás para luego volver al estado normal. Se pueden ver los resultados en la Figura 184.



Figura 183 – Expresión del cansancio

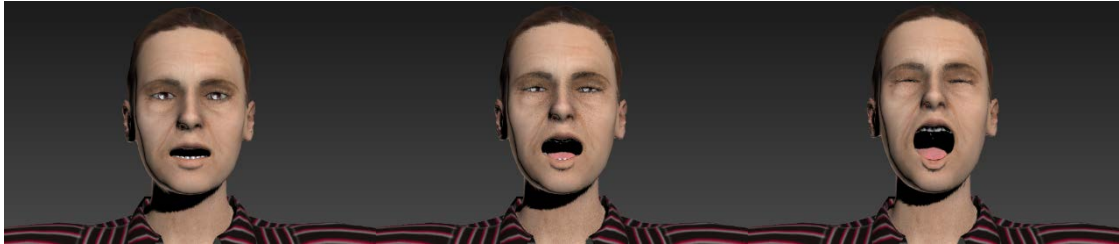


Figura 184 – Secuencia de animación del bostezo

Ansioso: El estado ansioso debe reflejar la expresión del ansia, desarrollando una animación que muestre un nerviosismo repentino, una inquietud que muestre al personaje inmerso en sus pensamientos negativos mirando con los ojos hacia otro lado y apretando levemente los labios de la boca y el ceño. Se pueden ver los resultados en la Figura 185.



Figura 185 – Expresión del ansia

Dócil: Para el estado de ánimo dócil, la expresión más característica es la timidez, reflejada con una mirada perdida hacia otro lado, pero mostrando docilidad con una pequeña sonrisa elevando la comisura de los labios. Se pueden ver los resultados en la Figura 186.



Figura 186 – Expresión de la timidez

Hostil: En el estado hostil se animan: la expresión de enfado, en la que se frunce mucho el ceño y se entrecierran los ojos. También se alejan del centro las aletas de la nariz y se aprietan levemente los labios; y el desacuerdo, donde se frunce levemente el ceño y se superpone el labio inferior al superior. También se alejan las aletas de la nariz. Se pueden ver los resultados en la Figura 187.

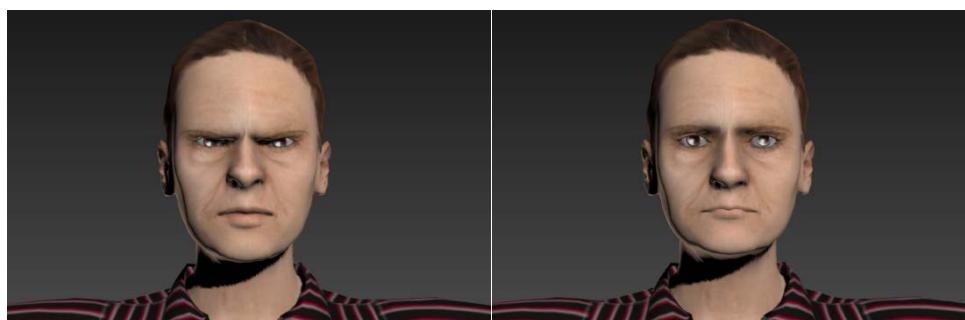


Figura 187 – Expresión del enfado (izda.) y del desacuerdo (dcha.)

Posteriormente, se realizan aquellas animaciones que no pertenecen a ningún grupo concreto, pero que son necesarias para mejorar la comunicación natural del personaje. Entre estas expresiones se encuentran: el llanto, la risa, y el grito, ya que pueden aplicarse en cualquier tipo de personaje y dependiendo de su combinación con otras animaciones, formar un patrón de comunicación.

Para generar la animación del llanto, no se considera el uso de lágrimas que recorran la malla debido a sus resultados poco realistas, por lo que se ejecutará en conjunto con la animación corporal Llanto obtenida en **Mixamo** en la que el personaje se tapa la cara.

La animación consiste en cerrar los párpados y abrir un poco la mandíbula, arquear las cejas y bajar las comisuras de la boca. Posteriormente, el hueso de la mandíbula bajará y subirá varias veces para simular los espasmos que provoca el llanto. (ver resultado en Figura 188).

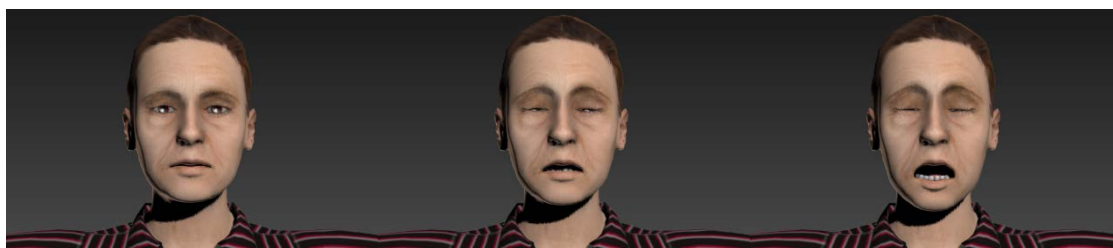


Figura 188 - Secuencia de animación del llanto

La siguiente animación es la de la risa, en la cual, se elevan las comisuras de los labios, las mejillas y las cejas, para luego abrir y cerrar el hueso de la mandíbula repetidas veces de manera similar al llanto (ver resultado en Figura 189).



Figura 189 - Secuencia de animación de la risa

Con esta ultima, ya se tienen todas las animaciones faciales necesarias para importarlas junto con el modelo a **Unity** y preparar los archivos para su posible uso en aplicaciones de personajes virtuales.

C.6 IMPLEMENTACIÓN EN UNITY

Unity es la plataforma que aloja el modelo con todos sus materiales, texturas y animaciones y lo prepara para ser manipulado y poder realizar escenas con el personaje virtual.

Nada más abrir el programa, se crea un nuevo Proyecto 3D en el que se deposita el personaje original y todas sus animaciones dentro de la carpeta *Assets*. Las animaciones se pueden agrupar en subcarpetas (animaciones corporales, expresiones faciales, estados de ánimo) que faciliten la navegación por los distintos menús y herramientas.

Estas carpetas pueden ser: personaje principal, visemas, animaciones corporales, expresiones faciales y estados de ánimo, agrupando las animaciones de expresiones en expresivas y objetivas. En la Figura 190 se observa la interfaz de **Unity** con la escena vacía en el centro, las carpetas y animaciones del modelo se visualizan en la parte inferior o *Project* y en la parte de la derecha encontramos el Inspector, donde aparecerán todos los datos que se pueden modificar de cada tipo de archivo en el que hagamos clic.

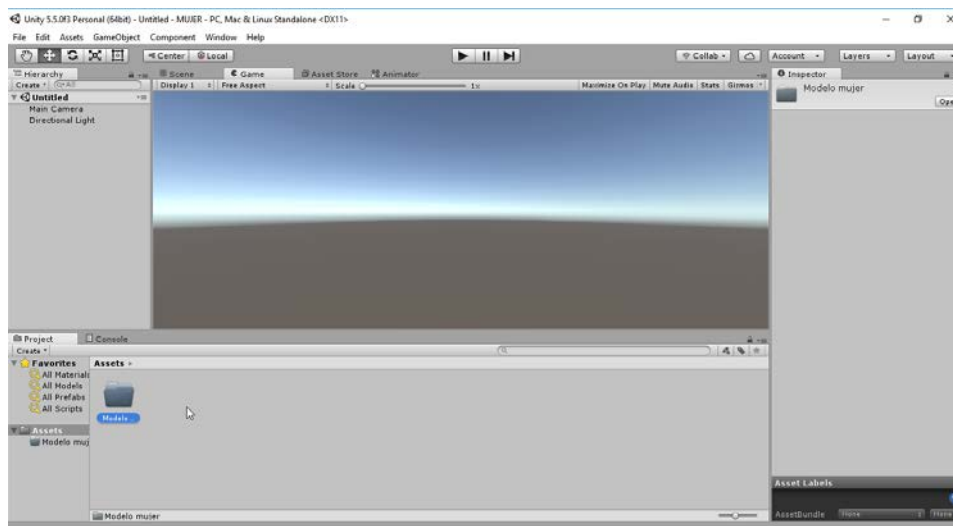


Figura 190 - Interfaz principal Unity

Para preparar el modelo y las animaciones, se localiza el archivo del personaje principal, en pose T, el cual está acompañado de todos los mapas de textura y se arrastra a la ventana superior para ponerlo en la escena, como se aprecia en la Figura 191.



Figura 191 - Modelo mujer importado en Unity

Para mejorar la calidad de visualización de las texturas, se localiza en la carpeta *Materials* cada uno de los materiales asociados a las texturas del modelo para retocar con la herramienta *Inspector* el tipo de material que debe reflejar. Para ello **Unity** utiliza los Shaders. Se ejecutan los siguientes cambios:

- Para la piel, se selecciona el *shader Skin for Unity*
- Para el pelo, las pestañas y los ojos se escogen el *shader Standard* con casilla *Fade* activada (esto hace que el canal Alfa de la estructura sea transparente y solo se vea el pelo como se puede ver en la Figura 192).

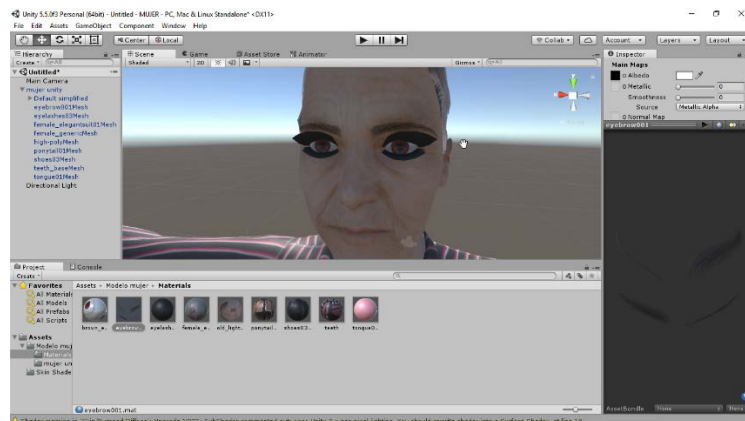


Figura 192 - Shaders de las cejas retocados

- Para la ropa, se usa el *shader Standard* con el brillo y la suavidad a 0 (ver Figura 193).

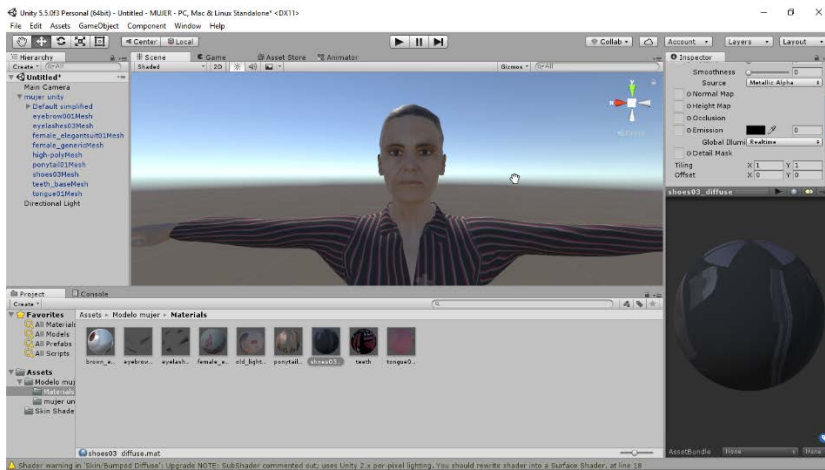


Figura 193 - Shader de la ropa retocado

- Para los ojos, el *shader Standard* con un brillo de 0,5 (ver Figura 194).

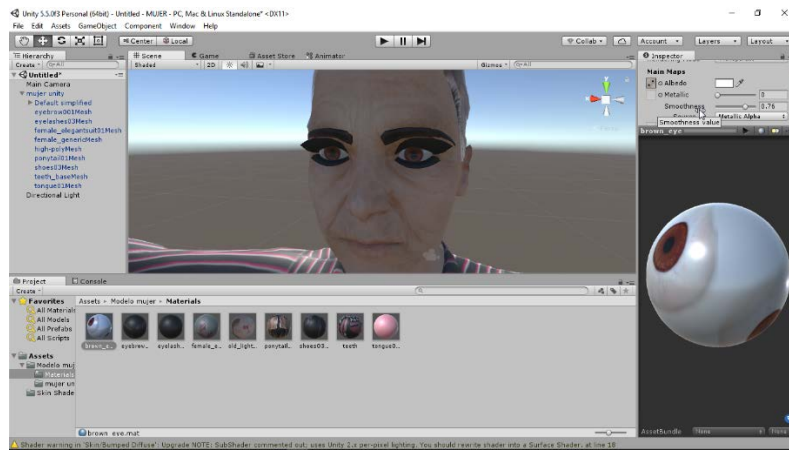


Figura 194 - Shader de los ojos retocado

Se muestra el resultado final en la Figura 195:

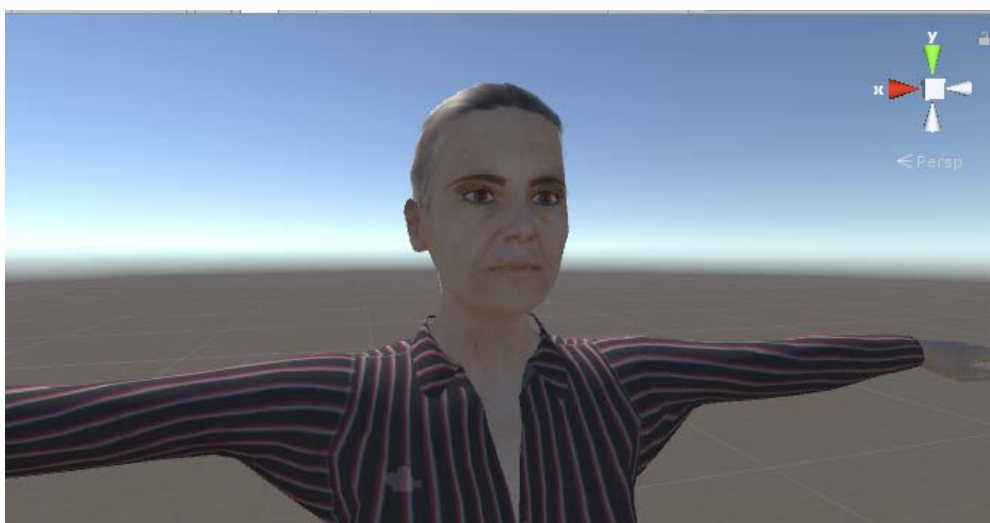


Figura 195 - Modelo mujer con todos los shader retocados

El siguiente paso consiste en preparar al modelo para que todas las animaciones puedan ejecutarse desde una sola malla base.

Para poder usar dichas animaciones, se debe establecer una relación entre estas y el modelo con la elección de un formato común. Los formatos más usados son *humanoid* y *generic*. El primero se basa en la propuesta de poder usar las animaciones de un modelo en otros (aparte de en sí mismo) de características similares (humanoides) con la desventaja de que estas deben ser corporales (movimiento del tronco, cabeza, brazos y piernas) ya que no admite animaciones faciales. El formato *generic* es menos versátil a la hora de pasar animaciones de un personaje a otro, pero permite el uso de animaciones tanto faciales como corporales en el mismo personaje, para que puedan combinarse y programarse a gusto del usuario.

Con dicho personaje seleccionado, en el Inspector hay que ir a la pestaña "Rig" y cambiar el tipo de personaje a *Generic*. Y "Definir un nuevo Avatar" con el propio modelo para empezar a trabajar las animaciones con *Mecanim* (ver Figura 196).

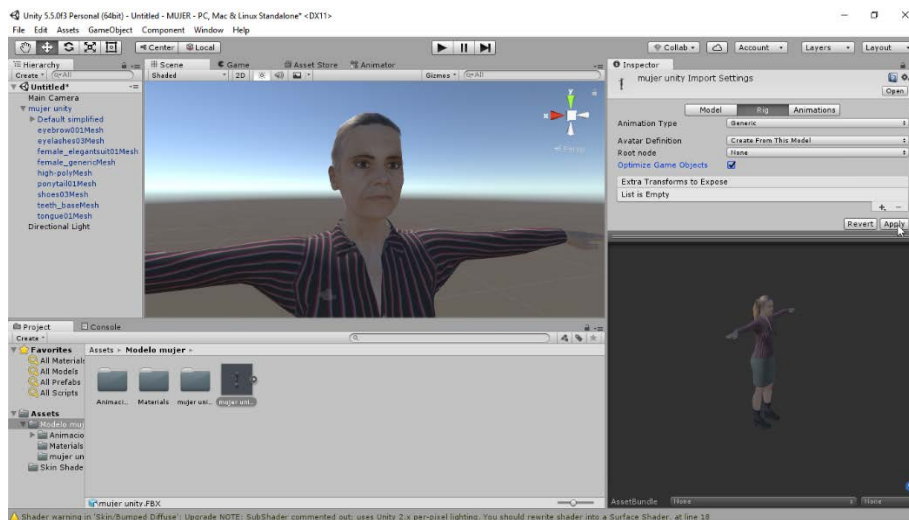


Figura 196 - Generación de avatar principal para la ejecución de animaciones en Unity

Para configurar animaciones, se seleccionan todos los archivos de animación importada y en la pestaña *Rig* se selecciona "Copiar de otro Avatar". Se establece el modelo principal como Avatar para las animaciones (ver Figura 197).

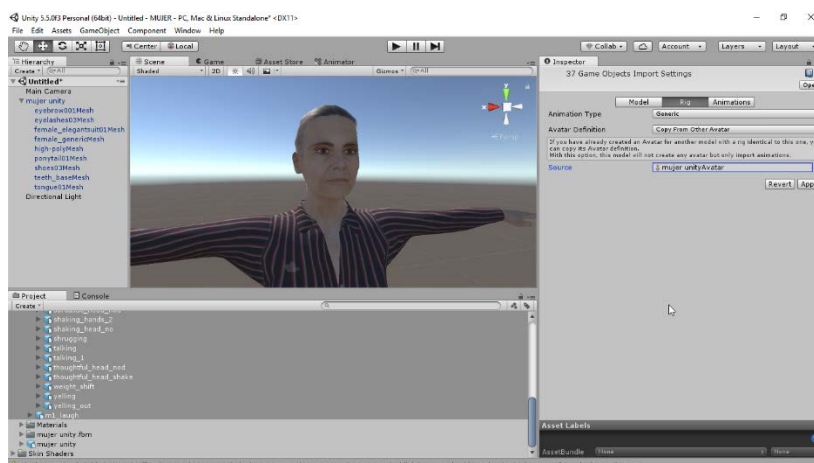


Figura 197 - Selección de todas las animaciones para que tomen al Avatar creado como referencia en Unity

Para garantizar su correcta ejecución en **Unity**, se seleccionan todas las animaciones y en la pestaña *Animation* del Inspector se chequea *Bake Into Pose* para corregir los posibles fallos de rotación en las transformaciones, tanto la posición (Y) como la posición (XZ). Cabe destacar que

las animaciones repetitivas, como pestañear, andar y respirar deben tener también chequeada la casilla *Loop*, para que se sucedan los *frames* una vez tras otra.

Ahora, se definen algunos ejemplos de combinación de animaciones para conseguir unos resultados finales que consigan transmitir una información sobre el estado del personaje al usuario. Para ello, se hace uso de los controladores de animación.

En *Assets > Create > Animator Controller* se ejecuta un controlador de animación, que es la aplicación que permite construir la lógica de funcionamiento y controlar los estados de los personajes definiendo el orden de ejecución de las animaciones. También permite combinar animaciones gracias a la herramienta *Blendtree*, la cual se usa para las transiciones entre animaciones.

A continuación, se crea una secuencia que combina la vez la animación facial risa con la animación corporal de risa. Para ello, se hace uso de las capas del *Animator controller*, se modifica el nombre de la base a Animación cara, ya que en esta se efectuarán las imágenes de la cara. En esta se arrastra la animación de la risa en la cara (ver Figura 198)

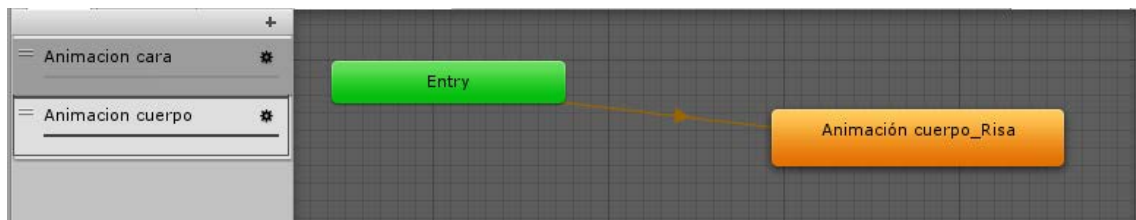


Figura 198 – Capa de la Animación de la cara Unity

Se crea una segunda capa para el cuerpo, y se arrastra la animación del cuerpo en la que el modelo se ríe (ver Figura 199).

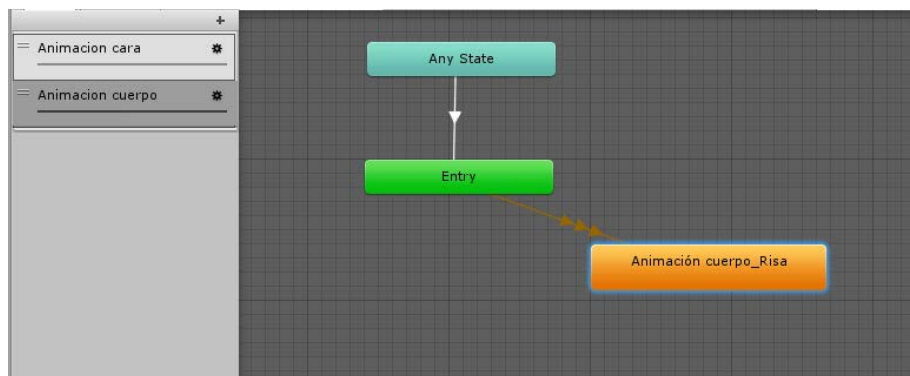


Figura 199 - Capa de la Animación del cuerpo en Unity

Se genera una máscara para la capa desde el Inspector (ver Figura 200) de la animación de la cara, estableciendo que no se importe la posición fija de los huesos del cuerpo en el resultado final, ya que perjudica la visualización.

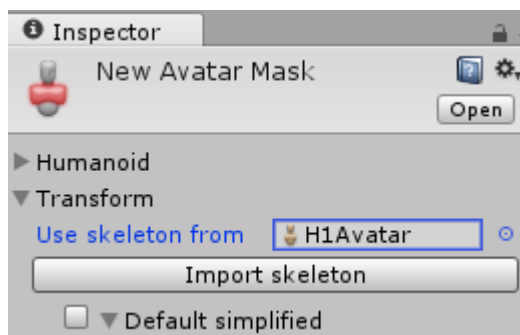


Figura 200 - Creación de máscara de capa en Unity

Para generar secuencias de animación, **Unity** hace uso de la herramienta *Mecanim*.

Mecanim ofrece la posibilidad de definir distintos parámetros para la animación o conjunto de animaciones, tales como: momento en el que se inicia la animación, tiempo que dura, si vuelve a iniciarse al terminar (a lo que se denomina *loop*) o ejecuta otra distinta, etc. Con esta herramienta es posible determinar el grado de fuerza de la animación gracias a un deslizador, de manera que se elige esta opción para poder determinar si algunas de las animaciones realizadas son objetivas (cuando el deslizador más se aproxime a 0, menos se notará la animación) o emotivas (cuanto más se aproxime a 100, se ejecutará la animación completa). Esto permite ahorrar una gran cantidad de tiempo a la hora de plasmar la personalidad en diversas animaciones.

Para combinar animaciones, *Mecanim* ofrece un sistema denominado Capas de animación. Este sistema superpone una o varias animaciones sobre otras de manera que las animaciones de las capas superiores predominan sobre las de las capas inferiores. En caso de que en dos animaciones se ejecuten movimientos para los mismos huesos, la animación de la capa que esté por encima de la otra será la que defina los movimientos que deben ejecutarse en la secuencia.

Como se han generado independientemente las animaciones entre el cuerpo y la cara y estas deben combinarse para generar una acción y transmitir una emoción. Por lo tanto, se deben crear dos capas de animación: una para animaciones corporales y otra para faciales, siendo estas últimas las que se encuentren en la capa superior y que predominen en los movimientos de cabeza del personaje. Estas capas se crean desde el menú de *Assets*.

Una vez creadas las capas, se deben arrastrar las animaciones a estas, creando los denominados controladores de animación. Estos controladores son bloques de color que muestran de forma visual el esquema de orden ejecución de las animaciones implementadas. En la Figura 201 se observa como en la capa "Animación cuerpo" se ha implementado la animación corporal de Risa para que se ejecute en primera estancia una vez se inicie el programa.

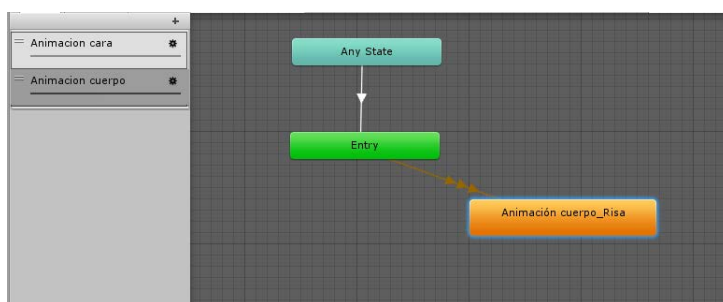


Figura 201 - Animación cuerpo en el entorno Mecanim de Unity

Se realizan los mismos pasos para la animación facial de la risa en su capa respectiva. Como todas las animaciones faciales se han generado desde el modelo en pose T, **Unity** entiende que para estas animaciones el resto del cuerpo debe permanecer inmóvil, ya que solo se han realizado movimientos en los huesos faciales, y por lo tanto, puede causar problemas a la hora de visualizar la animación completa. Esto se soluciona generando las denominadas máscaras de capa (ver Figura 202), en la que se establece que zona del cuerpo debe mostrar o no las animaciones generadas.

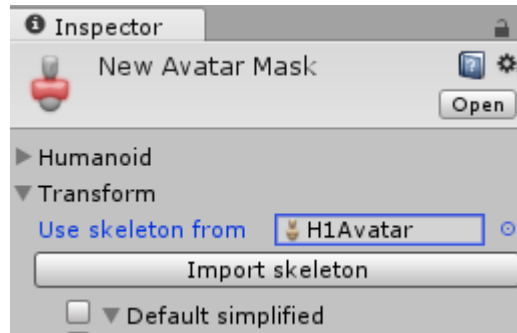


Figura 202 - Creación de máscara de capa desde la herramienta Inspector en Unity

En la capa facial se selecciona como máscara todas las zonas del cuerpo menos la cara, con el objetivo de que tan solo se muestren aquellos movimientos en los huesos realizados en el conjunto facial.

Para aquellas animaciones que posean movimientos que se repitan constantemente y que tengan que predominar sobre el conjunto de la animación, como el movimiento de los ojos o los párpados, se debe crear una capa aparte que se superponga a todas las de debajo (Movimiento Cuerpo, Expresiones Faciales, etc.) y así, finalmente se obtiene el modelo listo para ser usado con cualquier combinación de animaciones implementada. Tras esto, se puede ejecutar la animación con el botón Play para ver los resultados y realizar cualquier combinación de animaciones deseada.

ANEXO D – Listado de animaciones desarrolladas

En este apartado se describen la totalidad de animaciones elaboradas para cada personaje.

D.1 ANIMACIONES REALIZADAS CON MIXAMO

Se muestran en primer lugar, las animaciones obtenidas de **Mixamo**. Aquellas animaciones que poseen asterisco, es que poseen el mismo tipo de animación alterada con los modificadores de **Mixamo**, facilitando más la identificación de la personalidad objetiva o emotiva. Además, se muestra la acción que ejecutan y el nombre original en inglés de la animación de **Mixamo** (ver Tablas 7 y 8).

Tabla 7 - Listado animaciones corporales de gestos los estados de ánimo obtenidas en Mixamo

Nombre	Nombre Mixamo	Nombre	Nombre Mixamo
Reconocer_admitir	<i>Acknowledge</i>	Neutral_1	Idle
Estar_de_acuerdo_1	<i>Agreeing</i>	Estado_cansado	Wheelbarrow_Idle
Estar_de_acuerdo_2	<i>Agreeing</i>	Respiración_fuerte*	Idle_2
Gesto_enfado*	<i>Angry_Point</i>	Estado_felicidad	Idle_3
Gesto_desprecio*	<i>Angry_2</i>	Transición_estado_1	Idle_Transition_1
Señalar_enfadado*	<i>Angry_Point</i>	Transición_estado_2	Idle_Transition_2
Negar_irritado	<i>Annoyed_Head_Shake</i>	Estado_tristeza	Idle_4
Gesto_brazo	<i>Arm_gesture</i>	Estado_hostilidad*	Warrior_Idle
Gesto_prepotente	<i>Being_Cocky</i>	Cambio_peso_cuerpo	Weight_Shift
Aburrido*	<i>Bored</i>		
Girar_cabeza_prepotente	<i>Cocky_Head_Turn</i>		
Derrumbarse_1*	<i>Defeated</i>		
Decepcionado*	<i>Disappointed</i>		
Gesto_despedida_sarcastico	<i>Dismissing_Gesture</i>		
Gesto_mano_felicidad	<i>Gappy_Hand_Gesture</i>		
Asentir_sarcastico	<i>Sarcastic_Head_Nod</i>		
Asentir_firmemente*	<i>Hard_Head_Nod</i>		
Reirse*	<i>Laughing</i>		
Mirar_alrededor*	<i>Look_Around</i>		
Mirar_otro_lado	<i>Looking_Down</i>		
Apartar_mirada	<i>Nervously_Look_around</i>		
Suspiro_alivio	<i>Relieved_Sigh</i>		
Negar_desacuerdo	<i>Thoughtful_Head_Nod</i>		
Apretón_manos	<i>Hands_Forward</i>		
Hablar_brazos delante*	<i>Talking_1</i>		
Hablar_brazo delante*	<i>Talking_2</i>		
Dudar_asentir	<i>Thoughtful_Head_Nod</i>		
Dudar_negar	<i>Thoughtful_Head_Shake</i>		
Gritar*	<i>Yelling</i>		
Gritar_agitar_brazos*	<i>Yelling_Out</i>		

Tabla 8 - Listado animaciones estando sentado y de caminar obtenidas en Mixamo

Nombre	Nombre Mixamo	Nombre	Nombre en Mixamo
Llamar_atraer*	Calling	Caminar_hacia_izquierda	Walk_left
Prepotencia	Sitting	Girar_izquierda	Turn_left
Señalar	Sitting_Point	Caminar_hacia_derecha	Walk_right
Levantarse_silla	Sit_To_Stand	Girar_derecha	Turn_right
Sentarse_silla*	Stand_to_Sit	Caminar_cabizbajo	Sad_walk
Desacuerdo	Sitting Disapproval	Caminar_normal_1	Walking
Neutra_respirando	Sitting_1	Empezar_caminar	Start_walk
Risa*	Sitting_Laughing	Nombre	Nombre Mixamo
Conversar	Sitting_Talking	Parar_caminar	Walk_stop
Pulgar arriba_aprobar*	Sitting_Thumbs_Up	Caminar_chulería	Swagger_walk
Victoria_alivio*	Sitting_Victory	Caminar_hacia_detrás	Walk_backwards
Hablar*	Sitting_Talking_2	Caminar_en_circulos	Walk_in_circles
Nervios_mover_piernas*	Sitting_Disbelief	Caminar_zancada_larga	Walk_1
Manos_a_la_cabeza*	Sitting_3	Caminar_recto	Walk_2
Mirar_otros_lados	Sitting_2		

D.2 LISTADO DE ANIMACIONES Y DESCRIPCIÓN

A continuación, se mostrarán todas ellas en diversas tablas en las que aparecerá el nombre de la animación la acción o movimientos que implica y la categoría a la que puede pertenecer, ya sea general o cualquier estado de ánimo o emoción básica. Todas aquellas animaciones en cuyo nombre aparezca un asterisco significa que se ha realizado una animación aparte para diferenciar entre personalidad objetiva o emotiva. Se comienza con las animaciones relacionadas con el movimiento cinético del cuerpo o caminar (ver Tabla 9), formando un total de 13 animaciones:

Tabla 9 - Listado de animaciones relacionadas con Caminar

CAMINAR		
Nombre	Acción	Categoría
Caminar_hacia_izquierda	Caminar hacia la izquierda	General
Girar_izquierda	Girar el cuerpo hacia la izquierda	General
Caminar_hacia_derecha	Caminar hacia la derecha	General
Girar_derecha	Girar el cuerpo hacia la derecha	General
Caminar_cabizbajo	Camina con la cabeza agachada y los brazos caídos	Triste, cansado
Caminar_normal_1	Caminar de manera estándar	General
Empezar_caminar	El sujeto parado empieza a caminar	General
Parar_caminar	El sujeto caminando para de caminar	General
Caminar_chulería	Caminar con la cabeza alta y movimientos prepotentes	Exuberante, alegre
Caminar_hacia_detrás	Caminar marcha atrás	General
Caminar_zancada_larga	Caminar con una amplia longitud de zancada	Ansia, hostil
Caminar_recto	Caminar con la espalda totalmente recta	Exuberante

A continuación, el listado de animaciones relacionadas con el movimiento del cuerpo únicamente (ver Tabla 10), formando un total de 45 animaciones:

Tabla 10 - Listado de animaciones relacionadas con el movimiento corporal

ANIMACIONES CORPORALES Y GESTOS		
Nombre	Acción	Categoría
Reconocer_admitir	Gira la cabeza dudando hacia un lado para luego asentir con ella	General
Estar_de_acuerdo_1	Gira la cabeza hacia un lado, hecha un pie para detrás y eleva las manos hacia arriba de manera admisible	General
Estar_de_acuerdo_2	Asiente con la cabeza y mueve la mano derecha	General
Gesto_enfado*	Cierra los puños y los mueve hacia el centro. Hecha el tronco y la cabeza hacia delante	Hostil
Gesto_desprecio*	Mueve la cabeza rápidamente hacia adelante, acompañándose del tronco entero	Hostil
Señalar_enfadado*	Señala con el brazo derecho hacia adelante, acompañándose de un movimiento de cabeza	Hostil
Negar_irritado	Gira la cabeza hacia un lado y luego niega lentamente con ella	Hostil
Gesto_brazo	Mueve el brazo señalando hacia la derecha. La cabeza dirige hacia la derecha la mirada	General
Gesto_prepotente	Abre los brazos y las palmas de la mano hacia delante. Cabeza y tronco echadas hacia detrás.	Exuberante
Aburrido*	Balancea el cuerpo y los brazos mientras mira hacia otros lados	Cansado
Girar_cabeza_prepotente	Eleva y ladea levemente la cabeza mientras gira el cuerpo y el brazo levemente hacia la derecha	Exuberante
Derrumbarse_1*	Ambas manos a la cabeza negando asiduamente y luego las aparta	Triste, Enfado, Ansia
Decepcionado*	Alarga el brazo y lo balancea lamentándose de lo sucedido. Acompaña el movimiento con la cabeza	Hostil
Gesto_despedida_sarcastico	Hecha la mano hacia adelante como apartando algo y el cuerpo hacia detrás	Exuberante
Gesto_mano_felicidad	Mueve la palma de la mano derecha abierta hacia arriba y hecha para detrás la cabeza y el tronco	Dócil, alegre
Asentir_sarcastico	Mueve la cabeza y asiente levemente dos veces	Exuberante

Nombre	Acción	Categoría
Asentir_firmemente*	Asiente con firmeza inclinando levemente la cabeza	General
Reirse*	Zarandea el cuerpo entero primero atrás y luego hacia adelante moviendo los brazos de diversas formas	General, alegre
Mirar_alrededor*	Con los pies quietos en el suelo se mira primero la mano derecha, luego la izquierda y luego mira hacia el suelo	Aburrido
Mirar_otro_lado	Mira hacia la derecha incrédulo	Aburrido
Apartar_mirada	Hecha el cuerpo para delante y gira levemente la cabeza incrédulo	Dócil
Suspiro_alivio	Hecha la cabeza hacia detrás y flexiona levemente las rodillas	General
Negar_desacuerdo	Niega varias veces rápidamente con la cabeza	Duda
Nombre	Acción	Categoría
Encoger_hombros*	Encoge los hombros y eleva las manos mostrando duda	Relajado
Apretón_manos	Echa el cuerpo hacia adelante para dar un apretón de manos	General
Hablar_brazos delante*	Hecha los brazos y el tronco hacia adelante. La palma de la mano abierta y visible.	General
Hablar_brazo delante*	Hecha el brazo derecho hacia adelante. El izquierdo se balancea por el impulso. La cabeza hace gesto de negar.	Duda
Dudar_asentir	Eleva la cabeza hacia arriba y a un lado pensativo para luego admitir lo escuchado	Duda
Dudar_negar	Eleva la cabeza hacia arriba y a un lado pensativo para luego negar lo escuchado	Duda
Gritar*	Pie izquierdo hacia adelante. Amplia ambos brazos hacia detrás. Tronco y cabeza totalmente echados hacia delante	Hostil
Gritar_agitar_brazos*	Piernas arqueadas, cabeza hacia adelante. Agita los brazos repetidas veces y de distintas maneras	Hostil

Se continua con el listado de animaciones relacionadas con el movimiento del cuerpo mientras el personaje está sentado (ver Tabla 11), formando un total de 23 animaciones:

Tabla 11 - Listado de animaciones relacionadas con el movimiento corporal y el personaje sentado

ANIMACIONES CORPORALES SENTADO		
Nombre	Acción	Categoría
Llamar_atraer*	Con la mano derecha y el tronco hacia delante llama para que vengan	General
Prepotencia	Piernas muy abiertas y espalda echada hacia detrás con una mano apoyada en la pierna y otra sobre la mesa	Exuberante
Señalar	Señala hacia delante	Hostil
Levantarse_silla	Se levanta de la silla y se queda de pie	General
Sentarse_silla*	Se sienta en la silla dejando los brazos colgados	General
Desacuerdo	Manos apoyadas sobre la mesa, niega con el dedo índice derecho y con la cabeza. Cabeza y tronco echados hacia delante	Hostil
Neutra_respirando	Estado neutro sentado	General
Risa*	Echa el cuerpo y la cabeza hacia detrás y luego hacia delante. Mueve poco a poco el brazo hacia arriba y luego hacia abajo	General
Conversar	Brazo derecho hacia detrás e izquierdo apoyado en la pierna izquierda. Cabeza se mueve como si conversara	General
Pulgar arriba_aprobar*	Pulgar hacia arriba de la mano derecha como gesto de aprobación	Exuberante
Victoria_alivio*	Mueve el puño hacia arriba y luego hacia abajo como un gesto complacedor	Exuberante
Hablar*	Piernas cruzadas y manos apoyadas sobre estas. Cabeza girada hacia la izquierda.	General
Nervios_mover_piernas*	Mueve ambas piernas mostrando nervios o inquietud	Ansia
Manos_a_la_cabeza*	Se lleva las manos a la cabeza, la cual hecha hacia delante y cabizbaja y comienza a negar de un lado a otro con esta	Ansia
Mirar_otros_lados	Mira a la derecha y luego a la izquierda mientras palmea levemente las rodillas.	Aburrido

Tras esto, el listado de animaciones relacionadas con el movimiento del cuerpo y con los estados de ánimo (ver Tabla 12), formando un total de 11 animaciones.

Tabla 12 - Listado de animaciones relacionadas con el movimiento corporal y los estados de ánimo

ANIMACIONES CORPORALES ESTADOS DE ÁNIMO		
Nombre	Acción	Categoría
Neutral_1	Erguido, respira y mueve el cuerpo con normalidad	General
Estado_cansado	De pie, respira con normalidad pero el tronco y el brazo se ladean levemente hacia la derecha	Aburrido
Respiración_fuerte*	Respiración y movimiento del cuerpo más exagerada	Ansia
Estado_felicidad	Cabeza hacia detrás, mirando hacia arriba balancea el cuerpo de izquierda a derecha	Alegría
Transición_estado_1	Cambia el estado de cuerpo para pasar de un estado neutral al estado aburrido	General
Transición_estado_2	Cambia el estado de cuerpo para pasar de un estado neutral a otro de cambiar el peso	General
Estado_tristeza	Hombros y cabeza cabizbajos	Triste, cansado, aburrido
Estado_hostilidad*	Puños apretados, estira los brazos hacia detrás para luego volver a una posición tensa	Ira, Hostil
Cambio_peso_cuerpo	Cambia el peso del cuerpo de una pierna a otra	General

Se sigue con el listado de animaciones relacionadas con las expresiones faciales y los estados de ánimo (ver Tabla 13), formando un total de 14 animaciones

Tabla 13 - Listado de animaciones relacionadas con el movimiento facial y los estados de ánimo

EXPRESIONES FACIALES		
Nombre	Acción	Categoría
Llorar	Eleva el ceño por el centro. Cierra los ojos y abre y cierra la boca simulando el llanto	General
Risa	Arquea las cejas. Cierra los ojos. Eleva las comisuras y abre y cierra la boca simulando la risa	General
Desacuerdo	Frunce el ceño y eleva el labio inferior tapando al superior	Hostil

Nombre	Acción	Categoría
Timidez	Eleva una comisura de la boca y los pómulos y mira hacia abajo y un lado con los ojos	Dócil
Enfado	Frunce mucho el ceño	Hostil
Gritar	Frunce el ceño y abre mucho la boca	Hostil
Inhibición	Mueve el labio superior y mira hacia izquierda y derecha mientras arquea las cejas	Relajado
Cansancio	Cierra un poco los ojos, baja las cejas y relaja la comisura de los labios.	Aburrido
Bostezo	Cierra los ojos, abre ampliamente la boca y echa la cabeza hacia atrás para luego volver a la posición natural	Aburrido
Placer	Eleva las comisuras de los labios y cierra los ojos	Exuberante
Duda	Arquea mucho las cejas y baja el labio superior para que tape al inferior	Relajado
Determinación	Frunce el ceño y eleva la comisura de los labios, elevando más la del lado izquierdo	Exuberante
Arrogancia	Echa el cuello hacia atrás manteniendo una mirada por encima del hombro mientras eleva una comisura del labio	Exuberante
Ansiedad	Frunce el ceño y aprieta los labios y la nariz	Ansia

Después, se muestra el listado de animaciones relacionadas los movimientos oculares (ver Tabla 14), formando un total de 4 animaciones:

Tabla 14 - Listado de animaciones relacionadas con los movimientos oculares

MOVIMIENTOS OCULARES		
Nombre	Acción	Categoría
Ojos_abajo	Dirige la mirada hacia abajo	Dócil
Ojos_Cerrar_parpados	Cierra los parpados de ambos ojos y los abre	General
Ojos_incredulo_1	Mira hacia arriba y hacia los lados	Relajado
Ojos_incredulo_2	Mira hacia arriba y hacia los lados	Ansia

Ahora se muestra el listado de animaciones relacionadas las emociones básicas (ver Tabla 15), formando un total de 18 animaciones, ya que todas ellas (las 9) cuentan con una vertiente objetiva y otra emotiva:

Tabla 15 - Listado de animaciones relacionadas con las emociones básicas

EMOCIONES BÁSICAS		VISEMAS		
Nombre	Acción	a	g_j_k_q	r
Temores confirmados*	Comprime los párpados de los ojos, eleva las alas de la nariz y el cuello se tensa hacia abajo	b_p	i	s_x
Alivio*	Descenso de los parpados, la dilatación de las alas de la nariz y una leve separación de los labios hacia fuera	c_z	l	t
Asco*	Dilatación hacia fuera de las alas de la nariz	d	m	u_w
Satisfacción*	Elevación y amplitud de las comisuras y los pómulos, con el ceño relajado y los párpados cerrados	e_k	n_ñ	y_ll
Tristeza*	Descenso de la comisura de los labios respecto al centro de los mismos. Descenso parte exterior de las cejas	f_v	o	
Miedo*	Fruncimiento del ceño hacia dentro, los extremos exteriores de las cejas bajan y al igual que la sorpresa, se abren mucho los parpados y se abre la boca, enseñando un poco los dientes			
Sorpresa*	Amplia elevación de las cejas y la apertura de los parpados y un descenso y retracción del labio inferior, a la par que se abre mucho la mandíbula			
Alegría*	Elevación y amplitud de las comisuras de la boca. Elevación de los pómulos, las aletas de la nariz y las cejas			
Ira*	las cejas: que la parte interior de las mismas esté apuntando Cejas hacia abajo y frunciendo el ceño. Los labios también están separados para que se puedan ver los dientes como símbolo de ira, y los pómulos se suben al desplazar las aletas de la nariz y la boca			