

# **CREACIÓN DE AVATARES 3D PARA GAMING Y REALIDAD VIRTUAL**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO  
ELENA ABADE GIL**



## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Dentro del ámbito del diseño 3D, este trabajo de fin de grado examina el estado actual y las tendencias de futuro de la tecnología aplicada a la creación de avatares para gaming y realidad virtual y propone una serie de experiencias prácticas generadas a partir de mi propio cuerpo.

Para esto se ha llevado a cabo en primer lugar, un análisis detallado del estado de la tecnología en campos accesibles para los usuarios como la customización y creación de sus propias figuras virtuales 3D y avatares mediante aplicaciones y programas informáticos de juegos y mundos virtuales. También se han analizado las distintas opciones y herramientas disponibles para los profesionales para el diseño y animación de figuras 3D y avatares personales.

Con la finalidad de complementar la metodología de análisis descrita, realizada principalmente en base a fuentes y publicaciones online, tal y como ya se señaló, se llevaron a cabo una serie de experiencias prácticas para la obtención de datos suplementarios en aspectos como la customización a partir de fotografías, la creación de figuras virtuales 3D y de avatares mediante escáneres personales y profesionales, así como la animación de figuras a partir del escaneado 3D a cuerpo entero.

Como resultado han quedado de manifiesto la utilidad y las limitaciones de los distintos campos analizados, que han dejado entrever posibles líneas de desarrollo de mano de una tecnología más accesible que pueda facilitar el proceso de creación de avatares por los propios usuarios. En este contexto, los profesionales del diseño deben desarrollar una especial sensibilidad hacia las necesidades de autoexpresión de los usuarios y generar juegos y mundos virtuales abiertos a la experimentación y la participación en los procesos creativos.

**Palabras claves:** Diseño de personajes 3D, diseño virtual, avatar, escáner 3D, animación 3D y modelado 3D.

## SUMMARY AND KEY WORDS

This final degree project addresses the field of 3D design, reviewing the state of current and future tendencies around the technology applied to the creation of avatars for gaming and virtual reality and presents a series of practical experiences generated out of my own body.

For this purpose, in the first place it was carried out a detailed analysis of the state of the technology that is available for users in order to customize and create their own virtual 3D figures and avatars, by means of applications and games or virtual reality sites. Also, different options and tools to design and animate 3D figures and avatars aimed at the professional sector have been reviewed.

With the objective of complementing the methodology of analysis undertaken, based mainly on, online sources and publications, as referred above, a series of trials were conducted to gather supplementary data in aspects such as photographic customization, 3D body representation and avatar creation through personal and professional scanning, as well as animation of full body scanned figures.

As a result, the usefulness and the limitations of the different fields analyzed were made clear, revealing possible courses for the development of a more accessible technology that facilitates the process of avatar creation. On this context, the professional of this field will need to develop a new sensibility towards the necessity of self expression of users so to generate games and virtual settings open to experimentation and participation in creative processes.

**Keywords:** 3D character design, virtual design, avatar, 3D scanner, 3D animation and 3D modeling.

## AGRADECIMIENTOS

*A todo el personal del Fab Lab ULL, por su ayuda en mi iniciación en el mundo del 3D, así como a Norberto Lozano Suárez de 3D Print Workshop, por su apoyo para llevar a cabo las experiencias prácticas profesionales de escaneado e impresión 3D.*

## ÍNDICE

### 1. Introducción

### 2. Objetivos

### 3. Metodología

### 4. Desarrollo

#### 4.1. Customización de avatares mediante la elección de parámetros 3D

4.1.1. *Análisis en el sector de los videojuegos*

4.1.2. *Análisis en redes sociales de mundo virtuales*

4.1.3. *Experimentación práctica sobre customización de avatares mediante la elección de parámetros 3D*

4.1.4. *Resultados de la customización de avatares mediante la elección de parámetros 3D*

#### 4.2. Diseño de figuras virtuales 3D y avatares mediante capturas de características físicas de los usuarios

4.2.1. *Análisis en el sector de videojuegos*

4.2.2. *Experimentación práctica sobre creación de avatares mediante el uso de fotografías.*

4.2.3. *Análisis en el sector de aplicaciones para móviles, tablets y ordenadores.*

4.2.4. *Experimentación práctica de creación de figuras virtuales 3D y avatares en aplicaciones a partir de fotos del usuario*

4.2.5. *Análisis sobre creación de figuras virtuales 3D y avatares a partir de escáneres personales*

4.2.6. *Experimentación práctica de creación de figuras virtuales 3D y avatares a partir de escáneres personales*

4.2.7. *Resultados de diseño de figuras virtuales 3D y avatares mediante captura de características físicas de los usuarios*

#### 4.3. Diseño de figuras virtuales 3D y avatares mediante herramientas y técnicas profesionales

4.3.1. *Análisis de captura de información corporal en 3D mediante escáneres profesionales*

4.3.2. *Técnicas y herramientas informáticas para optimización de los resultados en preparación a la animación*

4.3.3. *Análisis de técnicas y herramientas de animación por software*

4.3.4. *Análisis de técnicas de animación por captura de movimiento*

4.3.5. *Análisis de técnicas y herramientas informáticas para el procesamiento final de figuras y animaciones 3D*

4.3.6. *Experimentación práctica con técnicas y herramientas aplicables a la animación de avatares a partir de la imagen corporal en 3D*

4.3.7. *Resultados del diseño de avatares mediante herramientas y técnicas profesionales*

## **5. Conclusiones**

## **6. Bibliografía**

## **7. Anexos**

- 7.1. *Aplicaciones informáticas para la creación de avatares 3D*
- 7.2. *Galería de imágenes complementarias*
- 7.3. *Listado de contenido e instrucciones de acceso a la carpeta digital*



## 1. INTRODUCCIÓN

Desde siempre el ser humano ha buscado expandirse mediante su imaginación. Al principio fueron las historias y narrativas de gestas recogidas en la tradición oral las que le servían para proyectarse en sus héroes. Más tarde pudo hacerlo mediante la literatura y el teatro. Con la llegada del cine pudo verse reflejado fácilmente en una pantalla bidimensional y experimentar emociones como si estuviera viviendo los acontecimientos. El principio de un nuevo canal de expresión conlleva una dosis extra de motivación y sensación de realidad, como sucedió con las primeras visualizaciones de un tren entrando en la estación que hacía que el público se levantara despavorido de la sala cinematográfica.

A su vez con los primeros juegos de ordenador, asistimos al cambio de rol de los usuarios, de meros espectadores a sujetos activos. La manera en que interactuaban, determinaba los resultados del juego y esto los situaba en un papel protagonista de su propia historia.

Uno de los primeros videojuegos fue el XOX, más bien conocido como el Tres en raya, creado en 1952. Este era un juego totalmente impersonal en el que jugabas contra la máquina. Años más tarde, surgió el primer juego, que permitía la interacción de persona a persona, convirtiéndose en uno de los juegos más famosos de su tiempo, el Pong o Tenis para dos (1).

En la década de los 70, se produjo un avance en la tecnología, creando los juegos de arcade en 8 bits. Esta fue la primera vez que se utilizaron personajes para designar un protagonista en el juego, con el que las personas pudieran relacionarse. Como por ejemplo Pac-Man.

En los 80 hubo otro gran avance tecnológico que permitió la normalización del mercado de los videojuegos. Se conoce como la década de los 16 bits. Surgieron consolas como la Atari o la Nintendo NES que permitía al usuario jugar en su casa. Ahora los personajes pasaron de ser animales o pequeñas formas animadas, a parecerse más a personas, como es el caso de Super Mario.

La década de los 90 al 2000, se conoce como la segunda era dorada del videojuego, con la incorporación del CD-rom como formato que sustenta los juegos. Ahora el 90% de los avatares son personas propiamente dichas. Tiene personalidades y emociones y se ha popularizado la idea del juego como historia que contar y no solo un reto en el que conseguir la mayor puntuación.

A medida que avanza la década del 2000, las personas demandaban una mayor veracidad en los personajes.

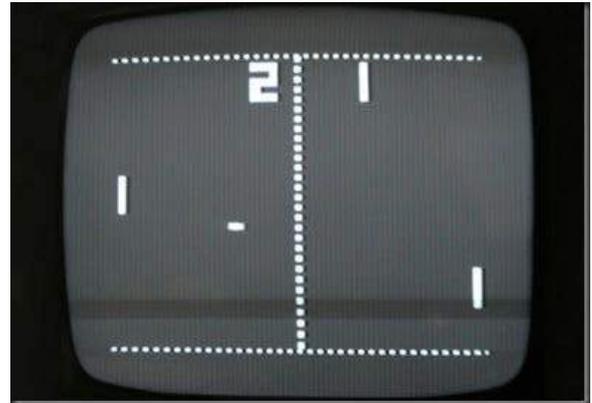


Imagen 1: Videojuego Pong



Imagen 2: Videojuego Pac-Man classic



Imagen 3: Videojuego Super Mario

De esta forma surgieron los primeros juegos, principalmente en RPG (Roll Playing games/ Juegos de rol) para ordenador, en los que podía decidir y personalizar el avatar que se iba a usar durante el juego. Como es el caso de The Elder scroll II, el cual presentaba muchas limitaciones.

Por tanto, esta tendencia progresiva hacia la necesidad de una mayor representación del usuario dentro del mundo virtual, ha ido ligada a la evolución de la tecnología. Hoy en día con el desarrollo de la tecnología 3D y de la realidad virtual, se abre una nueva posibilidad en donde el jugador pueda finalmente, conseguir esa ansiada representación fiel de su persona como avatar, convirtiéndose en el verdadero protagonista del juego. Como señala Sherry Turkle, “a medida que los jugadores participan, se convierten en autores no solo de un texto sino de ellos mismos, contruyéndose nuevas identidades a través de la interacción social”.(2)

Este trabajo de investigación se enmarca dentro del ámbito del diseño aplicado al desarrollo de la tecnología 3D y de manera específica, sobre la creación de avatares para el gaming y mundos virtuales. En él exploraremos los antecedentes de la creación de personajes que pudieran asimilarse físicamente al usuario, describiendo las técnicas, programas, aplicaciones, así como el hardware que lo ha ido haciendo posible.

Analizaremos también las opciones de creación de avatares 3D que son accesibles hoy en día para el usuario común, así como para el usuario avanzado. Abordaremos los recursos existentes en el mercado profesional

y contrastaremos las distintas calidades del producto 3D en forma de avatar presentes en los distintos ámbitos, así como los usos que pueden tener. Por último, señalaremos las líneas futuras a las que se encamina el sector del desarrollo y diseño 3D para, finalmente, poder ofrecer las conclusiones sobre los resultados de la presente investigación.

En cuanto la fundamentación de este trabajo, materias cursadas durante este Grado como “Ámbito de actuación del diseño y nuevas tendencias”, “Cultura visual y creación artística contemporánea” o “Teoría del diseño”, entre otras, han sido importantes de cara al desarrollo de algunos aspectos teóricos sobre los que se basa este trabajo. Por otro lado, Los aspectos técnicos se fundamentan en otras disciplinas trabajadas a lo largo del Grado como “Volumen”, “Color”, “Técnicas y procesos fotográficos”, “Diseño de gráficos animados” así como de materias cursadas durante mi estancia Erasmus en Italia como “Técnicas de animación digital”, “Técnicas multimedia” y “Diseño interactivo”. La formación en estas materias me ha permitido disponer de las habilidades y competencias necesarias para abordar los retos que en este trabajo se plantean.

Por último, la fuente principal de inspiración para la elección de esta temática ha sido la experiencia adquirida en el Fab Lab de la ULL que me introdujo en la práctica de herramientas y técnicas del diseño 3D aplicado, campo profesional al que me gustaría encaminar mis siguientes pasos en mi formación especializada como diseñadora.

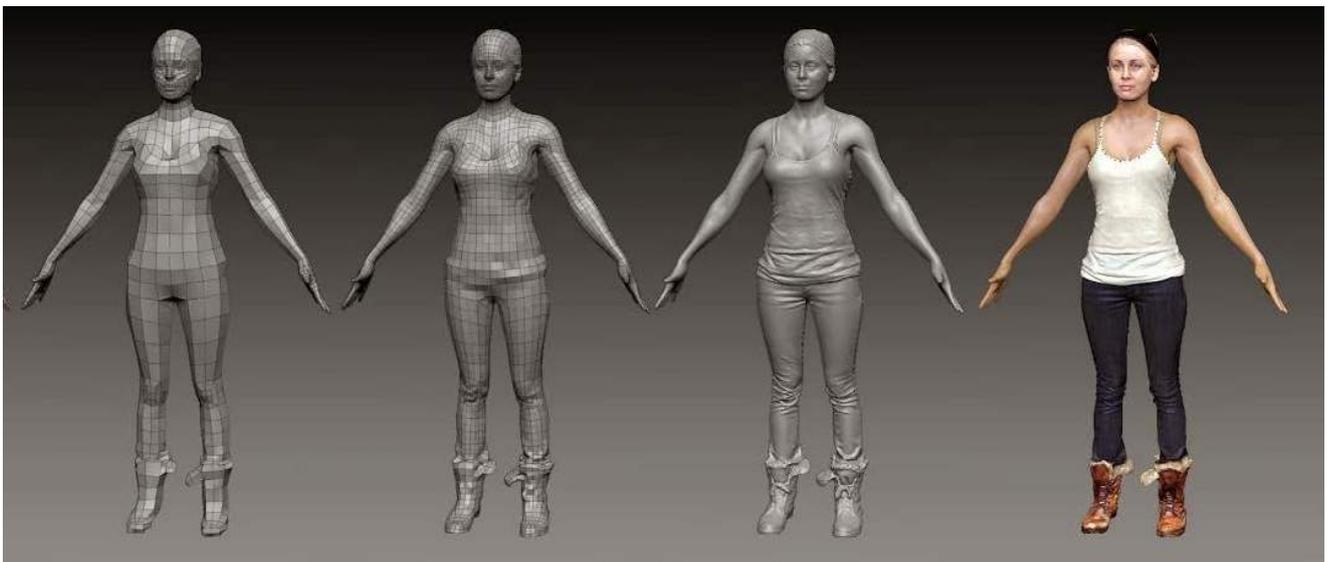


Imagen 4: Proceso de creación de un avatar

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo general

Analizar el estado actual y las tendencias de futuro de la tecnología aplicada a la creación de avatares para gaming y realidad virtual al tiempo que se desarrollan experiencias prácticas para obtener resultados sobre distintas técnicas y herramientas disponibles hoy en día

### Objetivos específicos

- Conocer el estado actual de la tecnología accesible al usuario para la generación de figuras 3D personales y creación de avatares en juegos y redes sociales virtuales, y llevar a cabo experiencias prácticas para contrastar resultados de productos representativos.
- Conocer el estado actual de la tecnología accesible al profesional para la generación de figuras 3D personales y creación de avatares en juegos y redes sociales virtuales, y llevar a cabo experiencias prácticas para contrastar resultados de productos representativos.

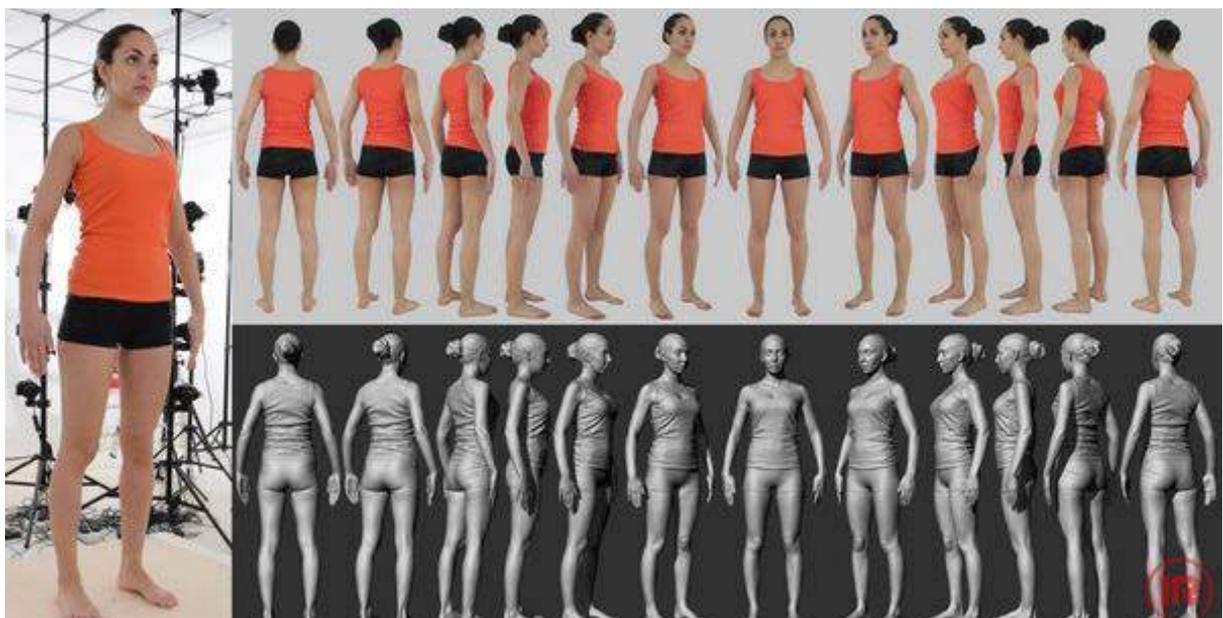


Imagen 5: Creación de imagen digital mediante escaner corporal

### 3. METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo una metodología para el desarrollo del análisis de la información basada en las siguientes acciones:

- Búsqueda de información.
- Selección de productos.
- Análisis de productos.
- Selección de productos clave de cada categoría.
- Experimentación práctica con los productos clave seleccionados.
- Elaboración de resultados por categorías.

Para la búsqueda de información y dado que nos planteamos un marco temporal centrado en la actualidad del que también se puedan adelantar tendencias futuras, se ha recurrido a internet como fuente principal de documentación. Para ello se han realizado búsquedas genéricas así como búsquedas específicas tanto en inglés como en español en páginas especializadas en el sector. También se han utilizado artículos de publicaciones online.

En cuanto a la selección de productos, se ha llevado a cabo en base a los resultados de las búsquedas, teniendo en cuenta de manera particular los productos más referenciados y mejor valorados por los usuarios, así como los destacados por las empresas más relevantes del sector.

Para el análisis de los productos se ha tenido en cuenta la información proporcionada por el fabricante o distribuidor, así como las experiencias comentadas en diversas páginas y foros específicos por los usuarios.

A su vez, la selección de productos clave se ha realizado según las valoraciones recogidas, atendiendo también a la disponibilidad y accesibilidad del producto en actualidad. Por otro lado, la experimentación práctica con los productos seleccionados se ha llevado a cabo por la autora de este estudio, siguiendo las recomendaciones de uso ofrecidas por los desarrolladores o fabricantes, y en algunos casos investigando sobre maneras de optimizar los resultados de los productos probados.

La elaboración de resultados se ha hecho a partir de la información recogida, teniendo en cuenta los resultados concretos de la experimentación práctica realizada en cada categoría analizada. Por último, la distribución del tiempo dedicado a esta investigación se ha realizado según el siguiente cronograma.

	2017					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Búsqueda de información	■	■	■			
Selección de productos		■	■			
Análisis de productos		■	■	■		
Selección de productos clave de cada categoría			■	■		
Experimentación práctica con los productos clave seleccionados			■	■	■	
Elaboración de resultados por categorías					■	■

Tabla 1: Cronograma

## 4. DESARROLLO

### 4.1. Customización de avatares mediante la elección de parámetros 3D

#### 4.1.1 Análisis en el sector de los videojuegos

Se entiende por avatar una entidad virtual que escoge un usuario para que lo represente en un videojuego, aplicación o sitio web. El origen de la palabra avatar, proviene del sánscrito avatâra, que significa “Descenso o encarnación de un Dios” (3). Éste podía tomar forma persona, animal o cualquier otro tipo de cuerpo. De ahí se entiende la asimilación con el significado actual que se le da en el entorno virtual, ya que el personaje principal sería el avatar del jugador, que es quien lo dirige, como si fuera su ser supremo.

El primer juego que se popularizó que contaba con la posibilidad de crear avatares fue Los Sims (4), un videojuego de simulación social y estrategia creado por el diseñador de videojuegos Will Wright, desarrollado por Maxis y publicado por *Electronic Arts* en el año 2000. Entra en la categoría de juego RPG, que significa en inglés, “Role playing game” (Juego de rol). En el que los jugadores deben asumir un rol o papel, interpretando a un personaje. Los Sims es un juego que consiste en crear personajes, satisfacer sus necesidades, concretar sus aspiraciones y cumplir sus sueños, es decir, “construirles” una vida. El juego, en perspectiva isométrica pseudo tridimensional, permite diseñar el personaje que va a usar, poniendo a tu disposición varias opciones de expresiones faciales, estructuras corporales, todos de de piel, rasgos étnicos, vestimenta e incluso su personalidad.

No obstante Los Sims presentan ciertas limitaciones en cuanto a la creación de nuestro avatar se refiere. Su estilo cartoon, hace que después de un tiempo, nos desvinculamos de nuestra creación, ya que se tiende a perder el efecto inicial de apego. Esto es debido a las limitaciones que impone la escasa variedad de expresiones faciales y constituciones disponibles en la galería 3D del juego, que da como resultado la ruptura del efecto de asimilación psicológica.

Para salvar estas limitaciones, la industria ha puesto a nuestra disposición softwares más avanzados, en el que no sólo tenemos una galería predeterminada de expresiones faciales y constituciones, sino que podemos modificarlas a voluntad, hasta obtener el resultado deseado. También se tiende a suprimir el estilo cartoon, a favor de un estilo más realista, con el que el jugador se pueda sentir representado más fielmente. Un ejemplo es el *Fallout 4* (5), un juego de rol, publicado



Imagen 6: Videojuego Los Sims 4



Imagen 7: Creación de personaje en The Sims 4



Imagen 8: Videojuego Fallout 4

por Bethesda Softworks. Se trata de la cuarta entrega de la saga Fallout, para Microsoft Windows, PlayStation 4 y Xbox One. En éste, el jugador crea un avatar con el que sobrevivir al apocalipsis. Por lo que ya no se trata solo de controlar aspectos concretos, sino culminar el reto que propone la historia. De esta manera, se consigue generar un mayor apego emocional hacia el avatar que representa al jugador.

Sin embargo, el jugador no tiene la opción de compartir su avatar públicamente con otras personas. Esto sólo es posible en los juegos de estilo MMORPG, denominados de esta forma por sus siglas en inglés de “Massively multiplayer online role-playing game”, que significa ‘videojuegos de rol multijugador masivos en línea’ y actualmente lidera el empuje de la industria hacia la creación basada en rasgos físicos realistas.

Uno de los considerados como mejores títulos de este género es Black Desert Online (6) creado por la compañía Coreana Pearl Abyss en 2013. Este juego ofrece la mayor galería 3D del mercado y la posibilidad de poder modificar los rasgos faciales. Con esto se logra que el usuario tenga acceso a deformar directamente la malla 3D y tenga múltiples posibilidades de ajuste para conseguir el efecto deseado. De esta forma, cualquier persona con poco o nulo conocimiento de modelaje 3D, puede crear un avatar bastante fiel a la realidad que puede ser visto por todos los participantes en el juego. También es posible charlar en directo con otros usuarios mediante texto escrito que se introduce y visibiliza de manera inmediata. En este sentido el Black Desert Online traspasa las fronteras de un mero juego para convertirse en casi una red social.



Imagen 9: Creación de un avatar con Black Desert Online

#### 4.1.2 Análisis en redes sociales de mundo virtuales

También existen redes sociales, propiamente dichas, basadas en mundos virtuales en donde un avatar con apariencia física similar a la de la persona que representa, puede servir al usuario para hacer “más real” el personaje virtual mediante el que interactúa con los demás. El primero dentro de esta categoría, lanzado en junio de 2003 y desarrollado por Linden Lab, fue Second Life (7), que significa Segunda vida. Permite el acceso gratuito desde internet, previo registro del usuario. Es considerado un metaverso, un entorno donde los humanos interactúan social y económicamente como avatares a través de un soporte lógico en un ciberespacio a modo de metáfora del mundo real, pero sin las limitaciones físicas. Es decir, una “metáfora” del mundo que puede ser como el mundo real, pero no tiene porqué serlo. Sus usuarios, conocidos como Residentes, pueden acceder a Second Life mediante el uso de uno de los múltiples programas de interfaz llamados viewers (visores).

La idea de Second Life la gestó Philip Rosedale, fundador del mundo virtual en el año 2003, a partir de un libro llamado Snow Crash (8). En esta novela se escribió cuando todavía Internet estaba en sus inicios. El autor plasmó un universo alternativo dentro del ciberespacio donde la gente pudiera convivir en forma de avatares, donde hubiese una economía independiente de la real y donde las reglas fuesen inventadas por los usuarios, no dictadas por el propio universo, ni por los gobiernos.

De esta forma, Second Life permite a los residentes, explorar el mundo virtual, interactuar con otros residentes, establecer relaciones sociales, participar en diversas actividades tanto individuales como en grupo, crear y comerciar propiedad virtual y ofrecer servicios gratuitos o de pago entre ellos. Sin embargo, a la hora de crear el avatar, el usuario se vuelve a encontrar con el problema de una escasa galería de expresiones y rasgos faciales de las que escoger, ya que en esta red social, la customización que prima, es la de ropa y complementos.

Otra de las grandes redes sociales en mundos virtuales fue PlayStation Home (9) una comunidad de avatares basada en el servicio de la red de PlayStation que se lanzó al mercado a principios de 2007 por Sony Computer Entertainment. Home permitía a los usuarios crear un avatar desde su consola PlayStation 3. Este avatar disponía de su propio espacio virtual o apartamento, que podía ser adornado con

elementos que los usuarios podían recibir o comprar de varias maneras. Se podía cambiar el aspecto del cuerpo y de la cara de nuestro avatar, aunque el número de estilos de peinado, trajes y bisutería eran bastante limitados, provocando que los usuarios se encontraran con personajes muy parecidos al suyo.

En el mundo fuera de las casas, los usuarios podían reunirse y conversar con otros miembros de la comunidad. Podían invitar a sus amigos para pasar el rato y se comunicaban a través de un chat de voz o de texto. También ofrecía juegos de arcade, bolos y billar. PlayStation Home, estuvo vigente hasta finales del 2014, año en que fue cancelada a pesar de su alta popularidad. Es considerada la red social virtual más famosa después de Second Life.



Imagen 7: Red social Second Life



Imagen 8: Red social Playstation Home

### 4.1.3. Experimentación práctica sobre customización de avatares mediante la elección de parámetros 3D

#### Experiencia práctica 1: The Elder Scroll V

Para llevar a cabo esta práctica de customización escogí por su popularidad el juego The Elder Scroll V: Skyrim (10) para PC. Tras una larga introducción, el juego llega a un panel obligatorio, en el que el usuario debe diseñar su propio avatar. Se ofrece la opción de escoger entre Alto Elfo, Elfo del Bosque, Elfo Oscuro, Orco y Nórdico. En mi caso, escogí Nórdico, la única raza humana disponible. A continuación se abre un panel, en el que podemos escoger y variar el cuerpo, cabeza, cara, ojos, cejas, boca y pelo. Sin embargo, la gama presente en la galería 3D es muy limitada (con máximo de 20 opciones por categoría).

Después de varios intentos de construir un personaje que se me asemejara físicamente, este fue el mejor resultado, que apenas logra un mínimo parecido. En consecuencia, nadie que conozca mi apariencia física podría reconocerme por mi avatar en este juego.



Imagen 9: Avatar con vista frontal y lateral, creado con The Elder Scroll V

## Experiencia práctica 2: Fallout 4

Para llevar a cabo la segunda práctica dentro de esta categoría, escogí el juego Fallout 4, ya que es el juego de Playstation 4 que ofrece mayor posibilidad de realizar modificaciones libres a la malla de nuestro avatar.

El proceso de customización del avatar dispone de varias opciones. En primer lugar, ofrece la opción de escoger el sexo y a continuación ofrece un panel con una galería de avatares predeterminados según etnia, con distintas características personalizables. Éstos se pueden usar como base para la elaboración del avatar o crear el propio avatar desde cero. Para llevar a cabo esta experiencia práctica escogí el perfil europeo ya que de partida podría ser más fácil variarlo para conseguir un aspecto parecido al mío.

A partir de ahí se presentó un panel en el que pude escoger entre diferentes tipos de textura de piel, color de pelo, nariz, boca y ojos que se podían modificar colocando el cursor encima y arrastrando la malla hasta conseguir la forma deseada. Uno de los problemas encontrados es que al arrastrar y modificar la malla de un objeto facial concreto, como la nariz, y plantear una opción determinada que resulta inadecuada, no es posible volver al paso anterior y es necesario comenzar de nuevo. Esto supone que dadas las múltiples opciones no siempre se podía volver a llegar al mismo resultado, perdiéndose el resultado anterior.

Otro de los problemas que se observan es que solo se permite una vista de frente por lo que se modela el avatar teniendo en cuenta solo esa perspectiva. Sin embargo, cuando una vez creado, se gira el avatar para poder verlo lateralmente, se pueden apreciar facciones que no han podido customizarse y que por tanto no encajan con los rasgos propios, como una nariz demasiado larga o una barbilla hundida, que no se mostraban en la perspectiva frontal.

Otro de los obstáculos que se aprecia es la dificultad para plasmar la edad del avatar ya que solo están disponibles algunas líneas de expresión o manchas en la piel predeterminadas pero no son lo suficiente variadas como para poder conseguir un efecto diferenciador entre edades de un mismo grupo (jóvenes, adultos,

mayores, etc). No obstante, el factor más restrictivo entre los que se dan a escoger y que no se permite modificar, es el pelo con tan solo algunas configuraciones en cuanto al largo o al color.

Finalmente, apuntar que para poder conseguir un avatar que tenga una mínima semejanza física son necesarios varios intentos (ver archivo digital) y un buen conocimiento de los propios rasgos faciales con lo que finalmente se invierte un tiempo considerable. El resultado final es un avatar en el que se aprecia un cierto parecido físico conmigo.



Imagen 10: Avatar con vista frontal y lateral, creado con Fallout 4

#### 4.1.4. Resultados de la customización de avatares mediante la elección de parámetros 3D

Teniendo en cuenta el sector analizado y las prácticas realizadas, queda claro que uno de los factores que inciden en que el usuario quiera crear un avatar personal a partir de sus rasgos físicos, es que el juego permita usar el modo multijugador online.

Sin embargo, en este tipo de juegos, la limitación en las opciones presentes en las galerías 3D, hacen que se dificulte mucho lograr el aspecto deseado de semejanza con el usuario. Aquellos juegos que permiten una mayor personalización, requieren un conocimiento básico de rasgos anatómicos para lograr resultados mejores, pero quedan lejos de poder considerarse avatares fácilmente reconocibles.

Por otro lado, el proceso de customización cuantas más opciones personalizables y acciones sobre los objetos permite, más tiempo le requerirá al usuario. Por lo que, en la práctica crear un avatar muy cuidado para conseguir unos rasgos personales similares, supone tener que retrasar el inicio efectivo del juego.

En cuanto a la principal limitación que se encuentra en las redes sociales de mundos virtuales, es que prima la customización de la ropa y complementos, por encima de la fiel representación de los rasgos físicos en los avatares. De hecho, la representación realista de la propia persona en estos entornos no es una necesidad consolidada, puesto que tradicionalmente la tendencia ha sido crear avatares con características que idealicen el aspecto de quien socializa en ellas.



Imagen 11 y 12: Comparativa de los dos avatares generados con Fallout 4 y The Elder Scroll V

## 4.2. Diseño de figuras virtuales 3D y avatares mediante capturas de características físicas de los usuarios

### 4.2.1. Análisis en el sector de videojuegos

Existen otro tipo de juegos donde las habilidades técnicas y estratégicas del jugador son el foco de atención y la base del reconocimiento que se le otorgue. Como por ejemplo los juegos basados en deportes, como el WWE (11), la saga NBA2K17 (12) o el Football Manager (13), entre otros.

En este contexto, el que el avatar que representa al jugador tenga un parecido físico con él (o ella) se hace más deseable, ya que es una manera de demostrar la propia valía y ser reconocido por otros, sobre todo por los que pertenecen al círculo de amigos reales y virtuales con los que se juega habitualmente.

Los métodos que se usan en la actualidad para conseguir esta representación más realista del jugador en su avatar parten de la captura de imágenes faciales o corporales mediante cámaras o escáneres.

En algunos juegos, el proceso de creación parte de una fotografía de la cara tomada mediante la cámara de móviles, tablets o cámara web. A partir de ahí, el usuario debe manipular manualmente unos puntos de control que ofrece el programa y colocarlos sobre su cara, para indicar dónde se encuentra la nariz, los ojos, la parte superior de la cabeza, la barbilla, así como la unión de la mandíbula con la oreja. En realidad, lo que está haciendo el usuario es aportar datos para que el programa consiga ajustar su imagen sobre una malla predeterminada que puede adaptarse estirándose o encogiéndose según la fisiología de la cara del jugador. Con esto se obtiene en la mayoría de los casos un efecto bastante realista en la imagen 3D resultante. No obstante, una de las desventajas de usar este método, es que al imponer nuestra imagen a una malla predeterminada, se puede producir un efecto de estiramiento o de contracción de los rasgos faciales, volviéndose bastante evidente que la malla a la que está aplicada la imagen, no tiene la misma estructura ósea que el jugador.

Un ejemplo de este procedimiento en la creación de avatares puede encontrarse en el juego de PC, Football Manager. Originalmente conocido como Championship Manager, comprende una serie de videojuegos de gestión futbolística, en los cuales el jugador actúa como un mánager.

Este juego tiene una función online en la que se puede interactuar con otros usuarios, permitiéndole compartir logros y visionar el avatar generado a partir de la fotogrametría. La saga es desarrollada por Sports Interactive, disponible tanto para Microsoft Windows y OSX, como para Linux.



Imagen 13: Videojuego Football Manager 2017



Imagen 14: Avatar del videojuego Football Manager 2017

Otro de los métodos de captura de información para ser trasladada a los programas para la creación de avatares basados en características reales de los usuarios, es mediante escaneado.

Esta opción fue pionera la consola Xbox 360 que cuenta con un accesorio denominado Kinect (14) equipado con una cámara tradicional RGB, con una resolución estándar de 640x480 píxeles, operando a 30 frames por segundo. También cuenta con sensores de profundidad por infrarrojos, lo que le permite codificar las escenas captadas por colores, según la distancia a la que se encuentran los objetos.

Gracias a estas capacidades técnicas puede aportar a los juegos información sobre dónde está todo situado en un espacio 3D, y además puede operar bien bajo cualquier condición lumínica, incluso a oscuras. El mapa de profundidad de Kinect se puede integrar con la imagen tradicional RGB que captura la webcam en un proceso llamado registro, y todos estos datos pueden incorporarse en los juegos, para procesar los movimientos e incluso generar avatares de los jugadores.

Uno de los primeros ejemplos lo encontramos en el juego Your Shape: Fitness Evolved (15), el primero de una serie de juegos desarrollados por Ubisoft para varios sistemas de consolas centrado en el cuerpo físico, que fue creado en colaboración con la NASA. En su versión de la Xbox acompañada del sensor Kinect, el avatar que aparece en pantalla es una versión post-procesada del mapa de profundidad, con la figura principal (el jugador) recortada y con efectos de partículas adicionales superpuestas para crear una apariencia más suave.

También en el Dance Central de Harmonix (16) se puede ver la acción producida por el mapa de profundidad. Ocasionalmente los bailarines en pantalla se difuminan, para dar paso a una versión post-procesada del mapa de profundidad, con un amplio rango de efectos. Dance Central es un ejemplo particularmente interesante, porque a diferencia de Your Shape, los objetos de fondo y jugadores adquieren un efecto que les hace aparecer como filtrados en la imagen, con lo que este juego creado en 2010 es un verdadero precursor en cuanto al uso de avatares a partir de un escaneo completo de los jugadores.



Imagen 15: Videojuego para Kinect: Your Shape



Imagen 16: Captura de movimiento con Kinect

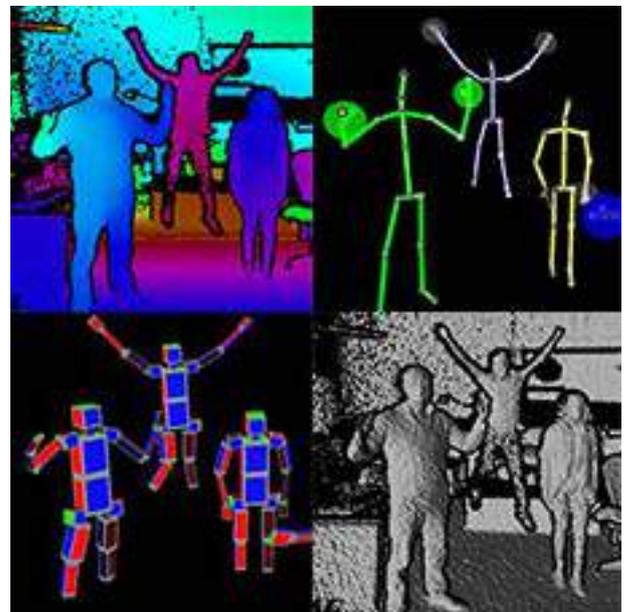


Imagen 17: Diferentes tipos de captura de movimiento con Kinect

## 4.2.2 Experimentación práctica sobre creación de avatares mediante el uso de fotografías

### Experiencia práctica 1: Football Manager

Al iniciar el juego en el ordenador personal, lo primero que solicita es crear un avatar. Para ello ofrece dos opciones, una de ellas es emplear la galería de rasgos y expresiones faciales para crear el avatar o subir una imagen con la se lleva a cabo un proceso de aplicación de imágenes 2D a una malla de un rostro predeterminado. En mi caso, escogí la segunda opción. Seguidamente, el juego solicita que se defina la altura, peso y color de piel del avatar. Una vez hecho esto, se entra en un menú en el que se puede incorporar la propia imagen. Esta tiene que ser una imagen de la cara, evitando reflejos y con las orejas visibles.

La iluminación también es un factor muy importante. Toda la cara ha de estar iluminada con una luz blanca, ya que pude observar que los colores al pasarlos a la maya, se estiran y por tanto, pierden su pigmentación original. Una vez subida la imagen, aparecerá un panel con un recuadro en amarillo, en el que se tendrá que cuadrar la cara.

Por último, se tendrá que colocar en la foto unos puntos que determine por donde se va a unir la foto a la malla. Se colocan dos puntos en la nariz, determinando su ancho, un punto en la barbilla, un punto en lo alto de la cabeza, un punto que cada ojo, otros dos puntos a la altura de la oreja y otros dos en la parte más ancha de la mandíbula. A continuación el juego permite escoger entre 10 tipos de pelo y personalizar, de forma muy

limitada, la vestimenta y el color de la misma. El resultado final, es una pobre representación del jugador, que tendrá solo pequeñas fracciones reconocibles, pero con una estructura ósea, impuesta por la malla predeterminada, nada similar a la verdadera.

El principal obstáculo que nos encontramos con este método, es la deformación de la cara, junto a la pigmentación tan exagerada de la misma. Esto provoca que se note mucho la diferencia de tonos entre nuestra cara superpuesta en la malla y el color del avatar. La luz también fue una dificultad añadida, ya que era necesario estar bien iluminada, pero si se usaba una luz amarilla o una luz blanca muy fuerte para obtener la fotografía, la diferencia de pigmentación se notaba aún más. La luz natural tampoco era una buena opción, ya que resultaba demasiado intensa y daba lugar a unas partes más oscuras que otras, provocando que al estirar la cara sobre la malla, el programa no supiese interpretar bien qué zonas van en qué partes de la malla, incluso después de señalar los puntos en la imagen.

Esto da lugar a un resultado poco preciso y alejado de los rasgos físicos del jugador lo que hace que su avatar difícilmente pueda ser reconocido, a pesar de que se partiera de una fotografía del usuario y se marcaran los puntos del modelado facial.



Imagen 18: Proceso 1 de creación del avatar con Football Manager

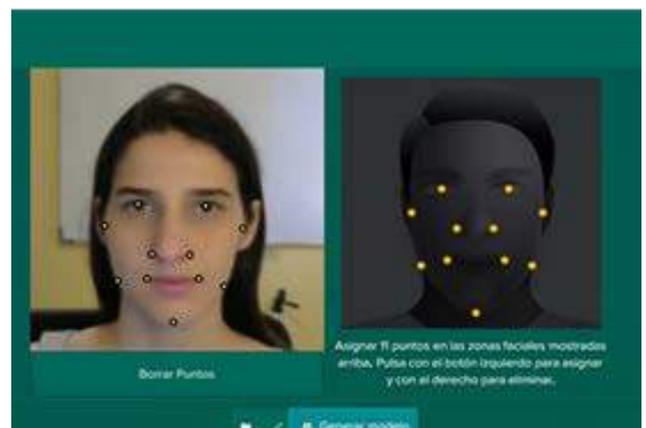


Imagen 19: Proceso 2 de creación del avatar con Football Manager

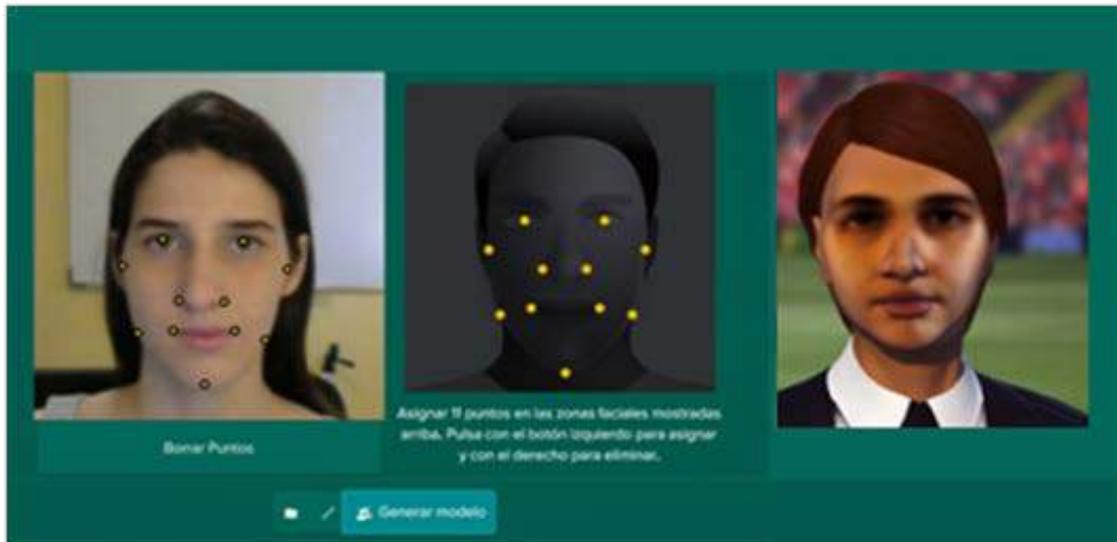


Imagen 20: Resultado inicial realizado con Football Manager



Imagen 21: Resultado final realizado con Football Manager

### 4.2.3. Análisis en el sector de aplicaciones para móviles, tablets y ordenadores

Otra de las opciones que se abre al usuario común en la actualidad es la creación de su imagen en 3D a partir de fotografías tomadas por sus propios dispositivos, tratadas mediante programas de manejo sencillo a los que se puede acceder a través de su ordenador u otros dispositivos electrónicos.

Para este uso, destacan un tipo de programas denominados “apps”, que se diseñaron inicialmente como software complementario para su uso en móviles, tablets y más recientemente también en ordenadores. La mayoría de ellas son gratuitas o tienen precios asequibles para los consumidores.

Generalmente el uso que se hace de estas apps es meramente recreativo: para obtener fotos o pequeños vídeos de personajes digitalizados que se parezcan al usuario y que puedan ser compartidos en redes sociales.

El resultado que se consigue en las apps más básicas consiste en una simple caricatura personalizada mediante una foto del rostro aplicada a una malla preexistente. Pero a medida que se va perfeccionando la tecnología, se va teniendo acceso a representaciones virtuales cada vez más fieles, que incluso simulan movimientos realistas y a las que se le puede incorporar también mensajes de voz.

Otras utilizan la técnica que se denomina fotogrametría. Es considerada un sistema pasivo porque no necesita de ningún dispositivo especial para captar la información 3D del objeto. Podemos utilizar una cámara de fotos digital, las cámaras que incorporan móviles, tablets o cámaras web para realizar la recolección de información. Cuanta más calidad tenga la foto, mejores resultados.

Para realizar un buen escaneado, debemos realizar una serie de fotografías alrededor del objeto, con una separación entre 10 y 15 grados, donde las imágenes consecutivas se solapan. De este modo el programa generador del modelo 3D podrá comparar las imágenes consecutivas y medir correctamente la situación espacial de cada punto. El número mínimo recomendado son 24 fotos alrededor del objeto. En algunos casos se recomienda realizar series de fotografías alrededor del objeto a diferentes alturas para conseguir abarcar lo más posible el tamaño del objeto.

La importancia de estas apps radica en su popularidad y que con ella, va creciendo una demanda por parte de los usuarios de tener acceso a figuras virtuales que se les asemejan físicamente cada vez más.

En cuanto a las apps que permiten obtener una imagen personalizada en 3D a partir de una fotografía caben destacar las siguientes: Fusion Recap 360 (17), Trnio (18), ItSeez3D (19), Scandy Pro (20), iSense (21), MakerBot Trimensional (22). La ficha técnica con la descripción de estas aplicaciones puede encontrarse en el Anexo I

Por otro lado, podemos encontrar también aplicaciones webs que ofrecen la posibilidad de usar una fotografía obtenida desde la cámara web para la creación de un avatar en 3D, como SitePal (23). La calidad que ofrecen es mejor que la de la mayoría de las apps, ya que tiene acceso a un sistema de procesamiento de imagen que se realiza en la nube y se pueden añadir animaciones simples. También permite aplicar un mensaje de voz grabado, coordinado con el movimiento de los labios, para simular que el personaje 3D es quien habla.

También es posible acceder al diseño y animación de avatares directamente a través de una página web, como en el caso de Mixamo (24). Dispone de un programa para la creación modular de avatares que nos permite elegir entre más de 280 atributos personalizables. También permite importar figuras de avatares creados por otros programas e incorporarles animaciones prediseñadas.

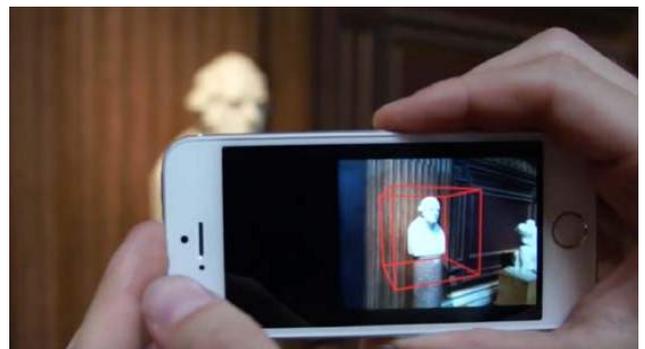


Imagen 22 y 23: Escaneado de objetos mediante apps móviles

#### 4.2.4. Experimentación práctica de creación de figuras virtuales y avatares en aplicaciones a partir de fotos del usuario

##### Experiencia práctica 1: Trnio

Esta práctica la realicé mediante la aplicación de Trnio descargada en un Ipad Air. Inicialmente la aplicación solicita el acceso a la cámara del dispositivo a la que se llega mediante un icono en el panel inferior. En la pantalla aparece una zona circular para marcar los límites de encuadre. A partir de ahí para que la app realice las fotos que usará para llevar a cabo la fotocomposición del avatar en 3D es necesario andar en círculo alrededor de la persona.

Así que para realizar esta práctica necesité colaboradores eternos para tomar las fotografías. Desde un principio el proceso presentó varias complejidades ya que resultaba muy difícil mantener la cámara estable y a la misma distancia del centro mientras caminaban alrededor de mí. También resultaba complicado controlar los disparos de la cámara que se realizaban de forma automática al producirse el movimiento. Con cada disparo aparecía un punto verde en el círculo de la pantalla de la app que se iba completando a medida que se avanzaba hasta volver a la posición inicial y cerrar el círculo.

Otro aspecto a tener en cuenta fue la luz, ya que la cámara paraba el proceso si entraba en zonas con menor luz. Ante esto fue necesario crear un escenario apropiado con focos que cubrieran todos los lados y donde estuviera presente un fondo lo más neutro posible para que no interfiriera con la captura de imágenes.

Aún así y después de múltiples intentos los resultados del escaneado en 360º fueron muy decepcionantes. Escogí centrarnos en el busto para facilitar el proceso, pero en muchas ocasiones se producían solapamientos de imágenes resultando en rasgos faciales repetidos o inacabados. También se dieron fallos en la malla en zonas que necesitaban de un ángulo mayor como en la parte superior de la cabeza o debajo de la barbilla (ver galería digital).

En conclusión, aunque la captura de rasgos físicos son un reflejo fiel de los de mi persona, se necesitaría un proceso muy complejo de edición y modelado 3D para poder incorporar ese resultado e insertarlo en la construcción de un avatar 3D de cuerpo entero.

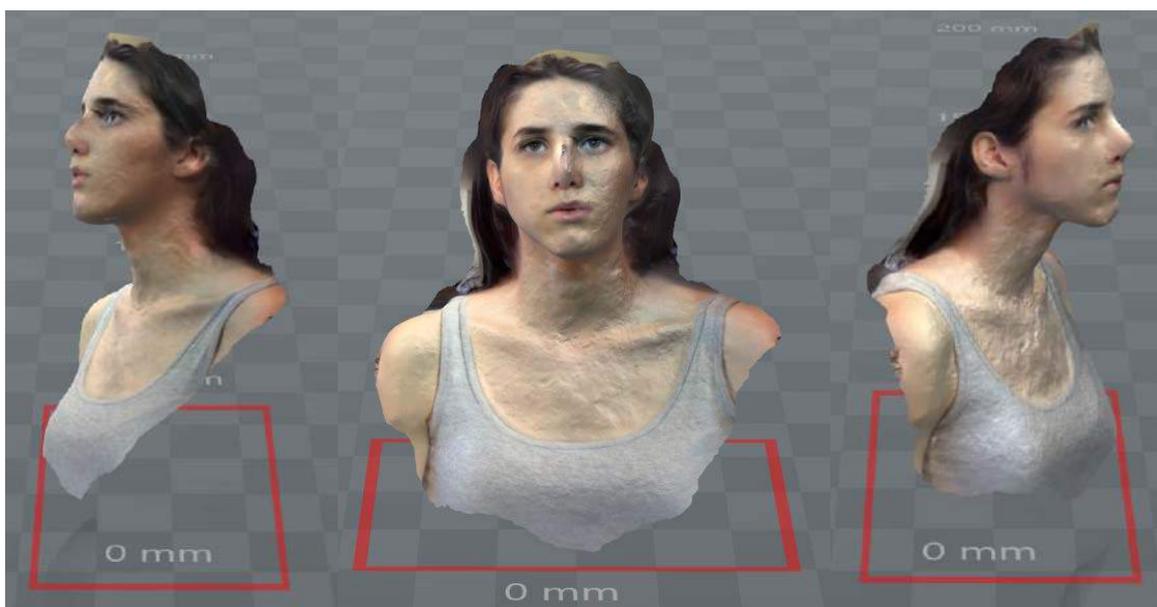


Image 24: Escaneado corporal mediante la app Trnio

## Experiencia práctica 2: MakerBot Trimensional

Para esta práctica se utilizó la app MakerBot Trimensional en el Ipad Air. En el inicio solicita permiso para acceder a la cámara frontal que es la que se encargará de realizar la captura de la imagen. Esto me permitió realizar el escaneo yo misma.

Las instrucciones especifican que se debe tomar la fotografía que después será transformada en modelo 3D con condiciones de muy baja luz, de manera que sea el reflejo de la pantalla del iPad la fuente principal de luz que se va bloqueando a medida que una animación que aparece en pantalla en el momento de tomar la captura de imagen va produciendo este efecto.

Aunque la técnica resulta ingeniosa, los inconvenientes para llegar a obtener un resultado aceptable fueron abundantes. Los resultados mostraban facciones muy exageradas debido al ángulo en que se tenía que colocar la cámara, dando lugar a una barbilla prominente, labios demasiado gruesos o la nariz muy sobresaliente. Esto se debía a que las zonas que reflejaban más luz el programa las extrudía hacia afuera, mientras que las zonas oscuras las interpretaba como cóncavas. Esto a veces daba lugar a un estirado de la foto resultante con ruptura de la malla.

Otras veces se producía un fundido de la cara con el fondo, que aparecía en relieve (ver resultados descargados en el archivo digital).

Asimismo, en cuanto a los problemas con la iluminación, mi propia piel muy blanca reflejaba demasiada luz con lo que no se podía conseguir un resultado adecuado. También la pupila que reflejaba la luz del propio iPad presentaba un efecto de prisma puntiagudo en los ojos. Ante esto opté por usar un papel a modo de filtro, delante de la pantalla del iPad, ya que la propia aplicación es la que controlaba el brillo y no me dejaba bajarlo. Con esta solución se llegó a un resultado más acertado, aunque todavía con rasgos exagerados y ruptura de la malla en los labios.

Por tanto, aunque la figura 3D final estaría preparada para impresión a través de una impresora 3D Makerboot, en la práctica necesitaría de retoques y remodelado para mejorarla. En el caso de querer usar estos resultados para incorporarlos a una malla de creación de un avatar 3D se necesitaría aún mucha más intervención, por lo que no sería recomendable emplear esta aplicación para esa finalidad.

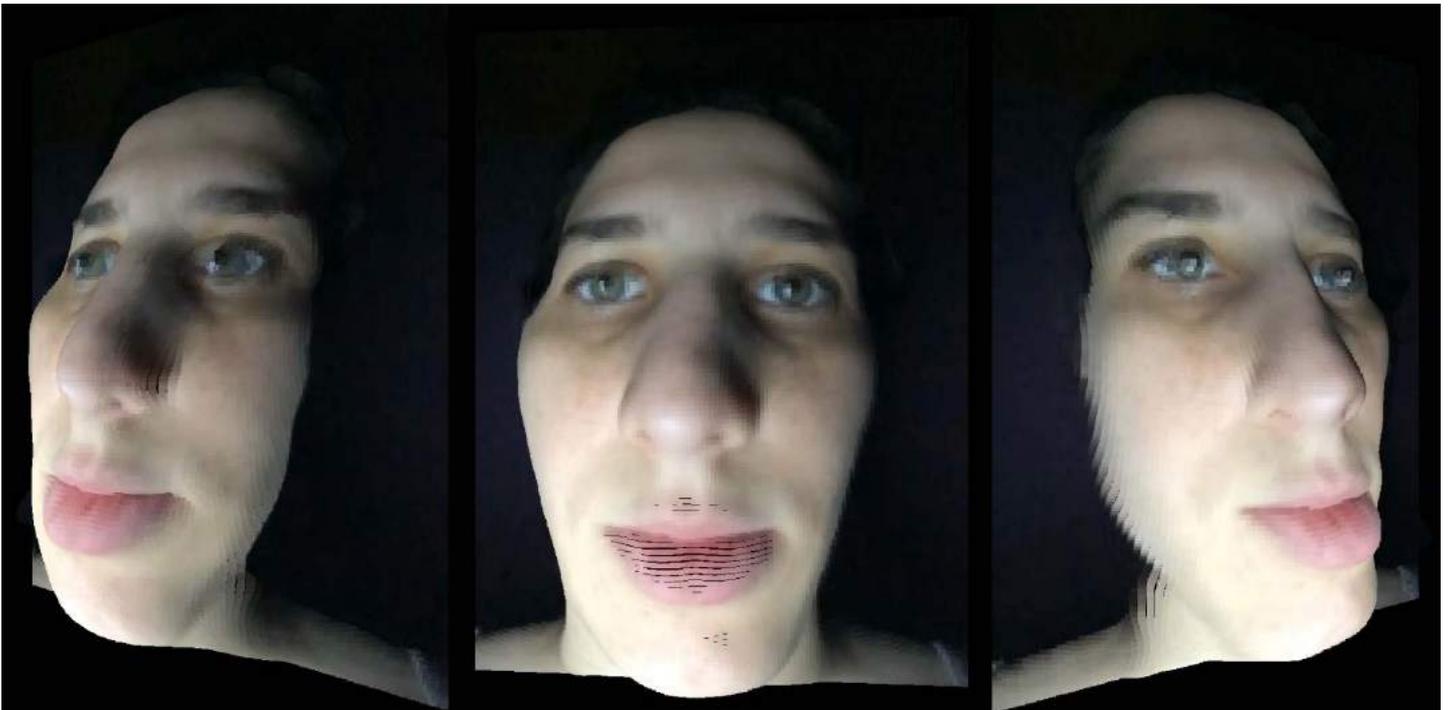


Imagen 25: Escaneado facial mediante la app MakerBot Trimensional

### Experiencia práctica 3: SitePal

SitePal es una web específica para crear avatares a partir de una sola imagen y poder enviar mensajes de voz con ellos.

Para ello lo primero que solicita es que se seleccione una imagen del ordenador o que se escoja alguna de su web. En mi caso decidí realizar una foto con mi cámara Cannon.

Uno de los aspectos que observé es que era muy importante que la cara saliera libre de pelo y completamente iluminada. Por lo que para conseguir un resultado que me sirviera, construí un pequeño estudio fotográfico a base de materiales caseros.

Una vez que se sube la foto a la web, el programa te pide que recortes tu silueta del fondo, a fin de saber con qué información tiene que trabajar. Ya convertida la imagen a 3D, te da la opción de escoger alguna de las animaciones presentes en su galería y grabar tu voz, para finalizar el proceso. Al terminar, puedes compartir tu creación por correo o redes sociales.



Imagen 26: Creación de avatar mediante SitePal

#### 4.2.5. Análisis sobre creación de figuras virtuales y avatares a partir de escáneres personales

También existe la posibilidad de que los datos que se usen para la creación de la imagen 3D personal o incluso de un avatar virtual propiamente dicho, procedan de un escáner 3D personal.

El escáner que se popularizó para este uso fue precisamente el sensor Kinect que originalmente era un periférico de la consola Xbox, pero que mediante de un cable que hace de adaptador puede utilizarse como entrada de datos en puertos USB en ordenadores de la plataforma Windows.

Para este uso del escáner es necesario alguna aplicación que se encargue de recoger la información y generar la malla de puntos, como por ejemplo Skanect 3D de Occipital (25), o MeshLab (26), que es un programa de software libre.

Sin embargo, estos programas presentan bastantes complejidades técnicas por lo que están pensados para usuarios avanzados y pequeños desarrolladores independientes, que en muchas ocasiones acceden al campo del diseño 3D a partir de sus propios hobbies e intereses y van adquiriendo formación a partir de páginas y tutoriales enfocadas a este campo, recibiendo apoyo también de comunidades de desarrollo 3D online.

Este sector de usuarios avanzados que pueden en algún momento dar el salto al ámbito profesional, son un creciente foco de interés por las empresas del sector ya que constituyen un buen banco de pruebas para nuevos productos que ponen a su alcance mediante periodos de prueba gratuitos. También grandes compañías como Windows tienen en cuenta este tipo de usuarios avanzado o profesionales independientes, y ponen a su disposición software gratuito, como ocurre en el caso de los desarrolladores de aplicaciones para la Kinect, ofreciendo herramientas para tratamiento de las imágenes 3D y apoyo técnico.

Un escáner de mano que funciona de manera similar a el Kinect es el Sense 3D (27) que también cuenta en su interior con una cámara y un sensor infrarrojo. Mediante una técnica de captura continua el usuario debe 'rodear' el objeto a capturar a lo largo de una circunferencia de 360 grados añadiendo algo de movimiento angular arriba y abajo. La Sense 3D obtiene la información necesaria en los 3 ejes para crear un modelo 3D con una resolución de hasta 0,9 mm, con un límite de tamaño de 3x3 metros para el objeto a escanear.



Imagen 26: Escaner Kinect



Imagen 27: Set de escaners iSense 3D



Imagen 28: Escaner de iPad iSense 3D en detalle

Otro de los escáneres que se están popularizando en el sector, es el escáner 3D de Intel RealSense (29) que permite realizar la captura de movimiento a través del reconocimiento de 72 puntos de referencia faciales, generando un modelo 3D de la cara con el que, en combinación con un software adecuado, es posible conseguir animaciones muy realistas. También está preparada para la captura de movimiento, así como para la interacción por gestos.

Su composición también se asemeja al modelo original de la Kinect ya que esta cámara 3D integra una cámara web HD tradicional, una segunda cámara que mide la profundidad de los objetos o personas y un proyector láser de luz infrarroja que se centra en las dimensiones, según se explica en el esquema situado a la derecha.

Sin embargo, la idea detrás de las cámaras 3D es que cada vez sean más pequeñas, hasta el punto de poder integrarlas no sólo en tablets, sino también en smartphones (30). En la actualidad, ya está disponible en varios productos de Lenovo: Thinkpad Yoga 15 y Lenovo B50 All In One.

Por otro lado, el Phab 2 Pro (31) es el primer smartphone del mundo que incluye Tango: una nueva tecnología de Google que incorpora la realidad aumentada en juegos y utilidades. El Phab 2 Pro cuenta con un conjunto de cámaras que permiten interactuar con la realidad aumentada, disfrutando del contenido en su pantalla de 6.4 pulgadas. La cámara trasera tiene 16 MP, f/2.0, autofocus por detección de fase, sensores de movimiento y profundidad, flash LED, foco táctil, detección de rostro, geo-tagging, video 1080p@30fps, cámara frontal 8 MP, f/2.2. Esta tecnología permite mirar a través del Phab 2 Pro y ver los objetos y la información superpuestos en el mundo real, lo que se conoce como Mixed Reality o Realidad Mixta (30).

Así mismo, la empresa Apple equipará su nuevo iPhone 8, con una cámara 3Di basada en tres elementos: cámara, sensor de infrarrojos y emisor de infrarrojos. Con estos sensores y realizando un movimiento ligero con el teléfono apuntando hacia nuestra cara se puede obtener un preciso modelado tridimensional que puede usarse para el reconocimiento facial, del mismo modo que hoy se emplea la huella dactilar en algunos teléfonos móviles (32).



Imagen 29: Esquema escaner



Imagen 30: Lenovo Thinkpad Yoga 15

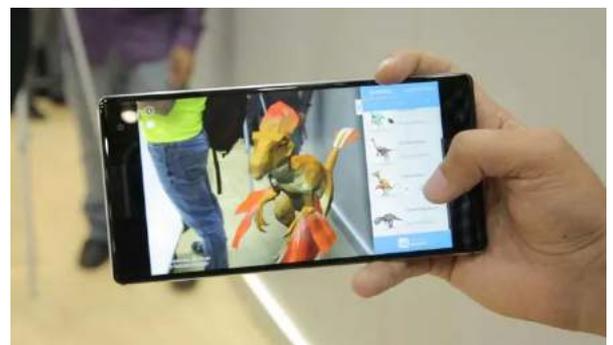


Imagen 31: Tango para Phab2



Imagen 32: cámara 3Di del iPhone8

#### 4.2.6. Experimentación práctica de creación de figuras virtuales 3D y avatares a partir de escáneres personales

Esta práctica se llevó a cabo con el accesorio de la Xbox 360 Kinect adaptado mediante un cable específico al ordenador. Esta modalidad de uso se presenta como una opción de escaneado y captura de datos para desarrolladores. Sin embargo a la hora de adaptar el accesorio Kinect a un ordenador con Windows 10 tuve problemas que me impidieron la instalación tanto en un equipo portátil como de sobremesa, a pesar de que Microsoft presenta unos drivers y software de desarrollo adaptados para esta plataforma. El problema, según señala esta empresa es una cuestión de hardware y de compatibilidad con los puertos USB.

Así que para poder probarlo tuve que recurrir a un ordenador portátil antiguo equipado con Windows 7. En este ordenador sí que conseguí instalarlo pero sin embargo dado que la mayoría de los programas de modelado y escaneado compatibles para la Kinect están diseñados para 64 bits, no se pudieron instalar en el Windows 7 de 32 bits. Esto conllevó una merma en las posibilidades de aplicación de capturas.

Aún así fue posible comprobar el correcto funcionamiento de sus tres cámaras, la que actúa como cámara web, la de infrarrojos y la cámara de profundidad. También mediante el programa Mocup (32) pude comprobar cómo el sensor de profundidad podía utilizarse como base de la captura de movimientos para efectuar el rigging. Sin embargo, debido a la poca potencia de procesamiento estos movimientos resultaban poco ágiles y se perdía la continuidad si me movía más rápido. Igualmente, cuando efectuaba algún giro el rigging presentaba líneas entrecruzadas o superpuestas y perdía la forma. Así que en la práctica no se pudo comprobar la completa funcionalidad del escáner Kinect, aunque su diseño de tres cámaras sigue siendo el estándar usado para otros escáneres de mano más actuales e incluso para las soluciones profesionales compuestas de varios escáneres a la vez.

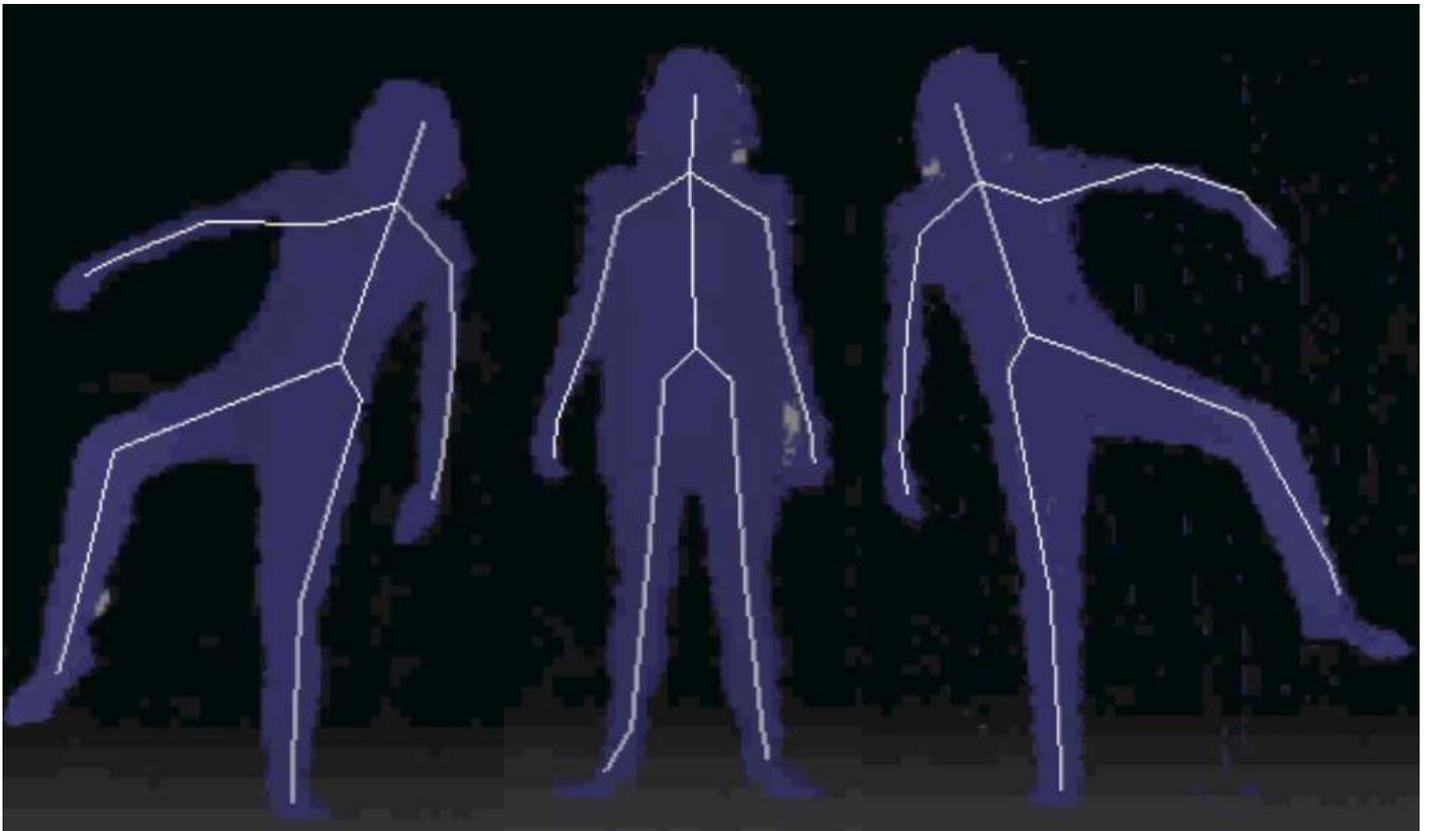


Imagen 33: Capturas de movimiento realizadas con la Kinect

#### 4.2.7. Resultados de diseño de figuras virtuales 3D y avatares mediante captura de características físicas de los usuarios

En cuanto al diseño de figuras virtuales 3D y avatares mediante captura de características físicas de los usuarios los resultados no han sido satisfactorios.

Por un lado, los avatares generados a partir de la selección de rasgos presentaban claras limitaciones ya que las galerías de opciones de customización no incorporaban un rango tan amplio de opciones como para poder obtener una representación realista en base a características físicas del usuario. Por otro lado, los juegos que presentaban un mayor número de parámetros customizables requerían de mucho tiempo para el diseño del avatar aunque las limitaciones impuestas por las mallas prediseñadas hacían que al final, el avatar tampoco resultara mucho mejor que en otras opciones.

Tampoco funcionaron mejor los avatares creados a partir de fotografías o los que se desarrollaban utilizando la fotografía del usuario como para la medición de puntos de limitación de la malla facial. El uso de una fotografía en la que aparecieran sombras podía dar lugar a problemas al traducir el programa la luz de la foto original por colores. Todos estos condicionamientos inciden en los resultados generando avatares poco reconocibles.

En el campo de las aplicaciones es posible conseguir resultados mejores si se tiene en cuenta que el avatar resultante sea reconocible como similar a la imagen del usuario. Sin embargo, las complejidades de las técnicas necesarias para acceder a buenos resultados requieren de mucho tiempo y experimentación. Aún así los mejores resultados siempre van a requerir de mucho trabajo de reconstrucción y modelado para que puedan servir de base para la creación de un avatar animado.

En este sentido, los escáneres como la Kinect y otros desarrollados a partir de esa tecnología presentan claras ventajas ya que pueden captar directamente el movimiento y producir objetos 3D listos para la retopologización y posterior animación a partir de los datos capturados. Sin embargo, la mayoría de los escáneres actuales siguen teniendo un precio muy elevado y que no le compensa al usuario estándar que desea crear un avatar para incorporarlo a juegos o realidad virtual.

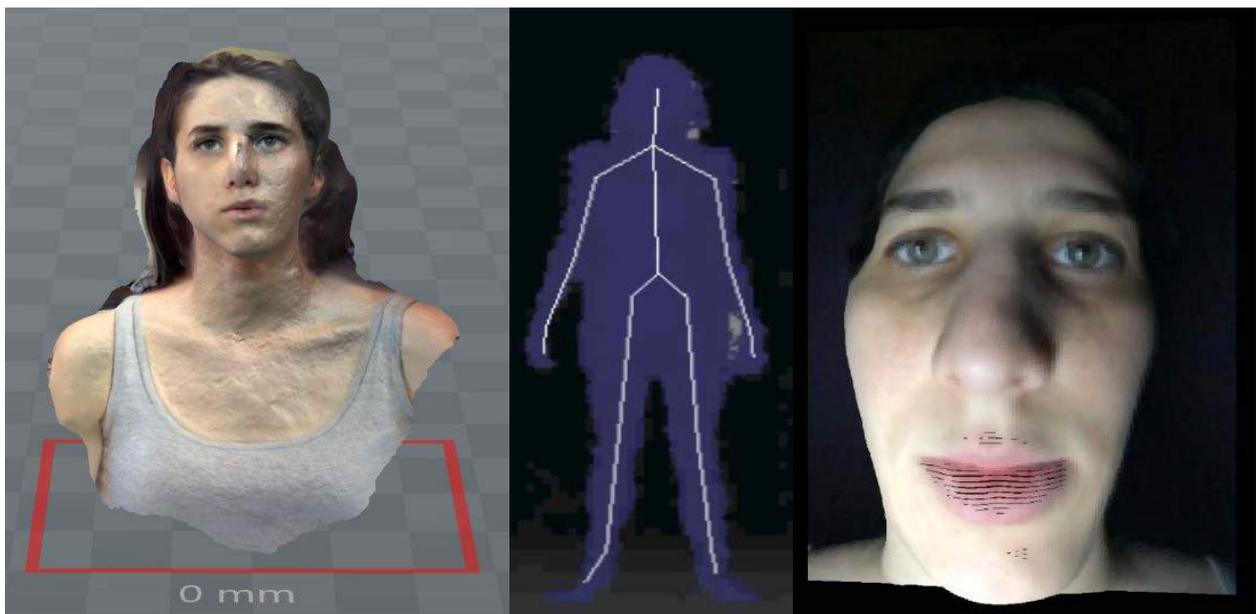


Imagen 34: Comparativa de resultados con Trnio, Kinect y MakerBot Trimensional

### 4.3. Diseño de figuras virtuales 3D y de avatares mediante herramientas y técnicas profesionales

#### 4.3.1. Análisis de captura de información corporal en 3D mediante escáneres profesionales

En el ámbito profesional existen opciones más avanzadas técnicamente que los escáneres manuales que permiten obtener una imagen en 3D a cuerpo entero de alta calidad en pocos segundos. La opción más utilizada sigue siendo en base a escáneres por infrarrojos.

En general, las instalaciones se disponen en forma de cabinas habilitadas con varios escáneres que recogen simultáneamente la información. Algunos sistemas cuentan con brazos robotizados en los que los escáneres dispuestos en puntos enfrentados hacen un barrido de arriba a abajo. Otros, enfocan a diferentes zonas y por último, existen los que giran alrededor de las personas.

Los diferentes escáneres que conforman los sistemas tienen que estar perfectamente sincronizados por lo que tiene que estar controlados por uno o varios ordenadores, que son en sí mismos, un elemento clave ya que es donde se recoge y se procesa la información recibida.

El proceso de composición de la imagen corporal en 3D escaneada es breve, aunque de manera general esa imagen debe ser tratada mediante software para corregir errores, tanto si lo que se pretende es imprimir una escultura en 3D, como si se desea usar los datos obtenidos para crear un avatar virtual.

Existen varias soluciones para el mercado profesional en cuanto a escáneres 3D. En primer lugar cabe destacar los escáneres de la compañía CADdy como el escáner Mephisto CX Pro (33) y Mephisto EX Pro. (34). Entre dos y ocho escáneres Mephisto CX o EX, configuran el sistema. Cada uno de estos escáneres se sitúa en un rincón de la zona de escaneado de 5x5 metros y son controlados por una estación de trabajo portátil que indicará el momento exacto, al milisegundo, en que debe realizar la captura.

A su vez, una estación de trabajo adicional controla a todas las demás, las sincroniza, para dar la orden coordinada de escanear al objetivo que se encuentra situado en el centro de la zona de escaneado. Una vez que todos los escáneres han realizado sus capturas individuales, en un proceso que tarda 0,3 segundos, la estación de control recibe por WIFI los archivos de cada captura y las fusiona para ofrecernos un modelo tridimensional completo del modelo objetivo. El proceso completo para escanear una persona requiere de 24 segundos.

Otra de las soluciones profesionales de escaneado, es la desarrollada mediante la tecnología Shapify aplicada al escáner Artec Shapify Booth (35). El núcleo de la tecnología son los cuatro escáneres 3D de alta resolución y amplio campo de vista junto con el software de post procesamiento. El escáner hace un círculo completo alrededor de la persona para capturar la forma de su cuerpo desde todos los ángulos. Obtener medidas precisas del cuerpo permite replicar inclusive los más pequeños detalles, desde la postura de la persona hasta los pliegues de su ropa.

Los escaneos capturados en la cabina son alineados de manera automática, fusionados y luego convertidos en una precisa réplica en 3D de la persona, lista para imprimir. La duración del escaneado es de 12 segundos.



Imagen 35: Escaner Mephisto EX Pro

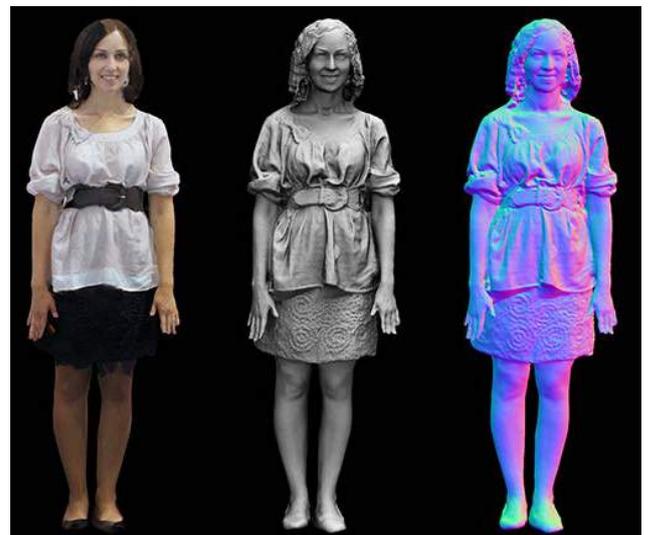


Imagen 36: Resultado del escáner Mephisto EX Pro

Por último, cabe mencionar la solución de escaneado que ofrece el escáner CloneScan3D (36). Este escáner de cuerpo entero dispone de 4 sensores que trabajan simultáneamente, haciendo un recorrido de arriba a abajo sobre la persona. Es capaz de realizar el proceso de escaneado en 15 segundos con tan solo indicar la altura de la misma y pulsar un botón. Los sensores están controlados por un software específico que calcula el número de tomas necesarias y la distancia entre éstas de manera totalmente automática. Tras la digitalización, realiza el cierre de mallas y la optimización del fichero en solo 90 segundos.

El software vuelca los datos del escaneo en una nube de puntos en formato .dxf. Esto quiere decir que el archivo con el que se trabaja consta de vectores con información de color y no polígonos. La información no se traduce, hasta que manualmente le pedimos que genere los polígonos. Esto crea una malla desordenada, en la que se sigue manteniendo la información de color. A pesar de ello, el escaneo sale con una calidad lo suficientemente buena, como para poder imprimir directamente en 3D, no obstante no puede ser usada directamente para su animación.

No obstante, la opción de máxima calidad son los escáneres fotográficos, que requieren una alta inversión inicial y tener amplios conocimientos fotográficos y compositivos. La calidad la determina, la resolución de la cámara. Se necesita un gran número de cámaras, para cubrir todos los ángulos, ya que si queda una zona no fotografiada, quedaría un hueco. Uno de los escáneres más representativos en la actualidad de esta tecnología, es BlueVishnu 3D (37) es un escáner de corporal de 360º, conocido anteriormente por xxArray, creado por Alexx Henry.

Este escáner está equipado con 120 cámaras fotográficas, ubicadas en un plató adaptado con andamios. Las cámaras se colocan estratégicamente en el escenario para evitar los puntos muertos y poder realizar un modelo 3D en alta definición. Éstas se activan al mismo tiempo remotamente, generando unos 22 gigapíxeles de información en cuestión de segundos. Este escáner también permite realizar un escaneo detallado de busto y manos. Este proceso es hoy en día con el que se obtiene la calidad más alta posible, y también permite realizar captura de movimiento para poder animar el avatar generado tras el escaneo.



Imagen 37: Cabina de escaneado de CloneScan 3D



Imagen 39: Escáner fotográfico xxArray



Imagen 40: Proceso creación de un avatar con xxArray

### 4.3.2. Técnicas y herramientas informáticas para optimización de los resultados en preparación a la animación

Una vez que se obtiene la imagen en 3D, se puede proceder a su impresión tridimensional. Sin embargo, no es posible tratar la imagen para animarla directamente porque consta de demasiados polígonos y su malla se encuentra desordenada.

Por este motivo, se hace necesario el uso de herramientas de retopología para pasar modelos escaneados en 3D a modelos útiles para la producción. En el proceso de retopologización se obtiene una imagen digital más ordenada y con un menor número de polígonos, sin reducir el detalle.

Aunque todos los programas de diseño 3D, permiten retopologizar dentro de sus características, existen algunos especialmente adecuados para este propósito como el 3D-Coat (38) que contiene unas herramientas rápidas y fáciles de usar para la retopologización. Tiene un modo de “autoretopologización” en el que el usuario puede definir los bordes e importar mallas de referencia. Además permite usar una malla lowpoly como malla de retopologización. También es posible hacer grupos con su propia paleta de colores para facilitar su manejo. Otro de los aspectos técnicos presentes en este programa que resultan de utilidad en esta fase de optimización de los resultados en preparación a la animación es la escultura digital, de esta manera se puede reconstruir la topología de los modelos a medida que se esculpe.

Entre los programas de modelado 3D más usados para estos propósitos se encuentra el ZBrush (39). Dispone de pinceles personalizables para dar forma, textura y pintar barro digital. De esta manera se puede reconstruir la topología y crear una superficie suave y equilibrada. También permite crear modelos complejos y llevar a cabo todos los cambios que se desean durante todo el proceso. Esto lo convierte en una herramienta ideal para la corrección de errores como corrección de bultos, huecos en la malla y defectos producidos por falta de información.

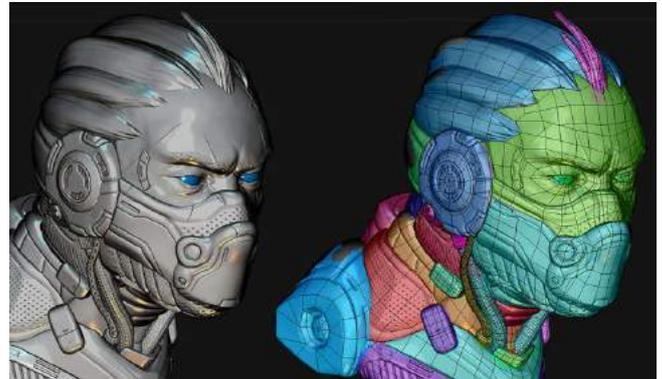


Imagen 41: Herramienta de retopologización en 3D-Coat

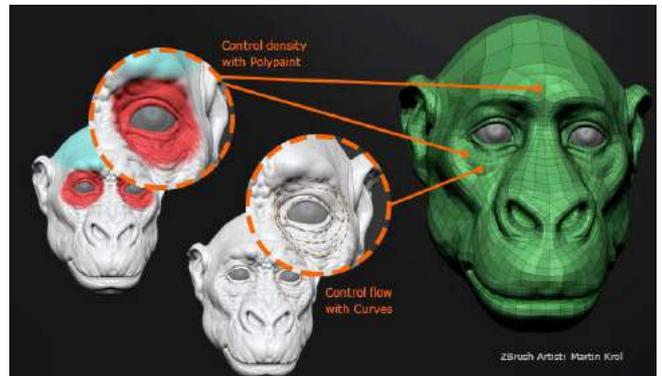


Imagen 41: Retopologización en Zbrush



Imagen 42: Resultado de la retopologización en Zbrush

### 4.3.3. Análisis de técnicas y herramientas de animación por software

Existen muchos paquetes de software para modelado y animación 3D. Entre los más populares cabe citar el Blender (40). Es paquete de creación totalmente integrado, que ofrece un amplio rango de herramientas esenciales para la creación de contenido 3D, incluyendo modelado, mapeado uv, texturizado, rigging, animación, seguimiento y movimiento de cámara, creación y visualización de escenas 3D, simulación de partículas y otros. Es un programa informático multiplataforma, originalmente desarrollado por la compañía 'Not a Number' (NaN), y desarrollado actualmente como 'Software Libre', con el código fuente disponible bajo la licencia GNU GPL . Blender supone un verdadero esfuerzo de creación comunitario con un gran número de desarrolladores activos y contribuidores regulares y una comunidad virtual de cientos de miles de usuarios con canales de soporte técnico gratuito gestionados por la fundación Blender (Internet Archive Wayback Machine, 2007).

A su vez, 3D Maya (41) es un software de animación, modelado, simulación y renderización en 3D que proporciona un potente conjunto integrado de herramientas. Se usa para la animación, entornos gráficos de movimiento, realidad virtual y creación de personajes. Es el programa más popular en la industria de videojuegos y cine de animación. Es utilizado por multitud de importantes estudios de efectos visuales. Maya integra la herramienta Arnold RenderView para ver los cambios en la escena en tiempo real, como los cambios de iluminación, materiales y cámara, además de un conjunto de herramientas de gráficos de movimiento, editor de tiempo no destructivo, delimitado y no lineal e intuitivas herramientas de moldeado basadas en cepillos que proporcionan un mayor control y precisión para crear posturas y estilos de pelo y pieles.

Entre sus características destacan una alta calidad del renderizado que da lugar a imágenes más claras, mejor enfocadas e iluminadas. También permite sincronizar la cámara LightWave con una foto original lo que facilita la introducción de objetos. También cuenta con un rápido sistema modular de rigging con rigs predefinidos para humanos, felinos y artrópodos. Asimismo, cuenta con una potente herramienta de renderizado. Es utilizado en multitud de estudios para efectos visuales y animación de cine y televisión como Digital Domain, Rhythm & Hues, Eden FX, Dreamworks, Pixel Magic, etc.

Igualmente, cabe mencionar entre esta selección de software de animación el Cinema 4D (44) es un

software de creación de gráficos y animación 3D desarrollado originariamente para Commodore Amiga por la compañía alemana Maxon, y portado posteriormente a plataformas Windows y Macintosh (OS 9 y OS X). Permite el modelado, la texturización y la animación. Cuenta con un completo grupo de herramientas de modelado poligonal como la herramienta cuchillo y el lápiz polígono. También muestra elementos defectuosos en polígonos seleccionados de objetos. Sus principales virtudes son una muy alta velocidad de renderización, una interfaz altamente personalizable y flexible, y una curva de aprendizaje muy vertical que permite aprender en poco tiempo.

Fuera del ámbito de los paquetes de modelado y animación, existen otro tipo de herramientas que pueden ser usadas para la animación por prácticamente cualquier usuario. Son programas que contienen opciones más limitadas pero con los que se pueden conseguir efectos sorprendentes. Su base son los riggings precreados que ya cuentan con animaciones y que permiten acoplar nuestro avatar de manera que podamos animarlo con esa secuencia predeterminada.



Imagen 43: Logotipos de softwares de animación

#### 4.3.4. Análisis de técnicas de animación por captura de movimiento

La captura de movimiento, conocida en inglés como motion capture, motion tracking o mocap es un término utilizado para describir el proceso de trasladar el movimiento de una persona real a un modelo digital con el fin de hacer animación 3D de forma más fácil e intuitiva.

La técnica más empleada para esto es la fotogrametría por medio de dispositivos ópticos que actúan como sensores para recopilar una enorme cantidad de información, como la precisión, el tipo de movimiento que será reconocido, así como la intensidad en la interpretación del movimiento determinado. Para terminar, se ejecuta la función que grabará el movimiento, con lo cual el programa, automáticamente, creará los fotogramas clave necesarios. Incluso, sobre los fotogramas creados, es posible seguir trabajando, modificando sus valores de forma manual.

Utilizando la técnica del motion capture, se consigue una animación más precisa y de mayor complejidad. Los tiempos de animación también se reducen considerablemente, ya que se evita tener que realizar el trabajo de animación cuadro a cuadro. Sin embargo, este tipo de tecnologías es del elevado coste económico, por lo que solo es usado en entornos altamente profesionales de la industria del cine y los videojuegos.



Imagen 44: Proceso de captura de movimiento en cine y videojuegos

### 4.3.5. Análisis de técnicas y herramientas informáticas para el procesamiento final de figuras y animaciones 3D

En los programas de animación, el proceso final para generar la animación se denomina renderizado. Esta palabra proviene del término render de difícil traducción por sus usos variados y aplicaciones en contextos gráficos diversos. En general, se usa para referirse al proceso de generar una imagen desde un modelo.

En los programas de creación y animación 3D la renderización se aplica al proceso de cálculo complejo desarrollado por el ordenador destinado a generar la imagen, el video o animación 3D. Esto es debido a que cuando se trabaja en un programa de diseño 3D normalmente no se visualiza en tiempo real el acabado final de la imagen o animación ya que esto requiere una potencia de cálculo demasiado elevada, por lo que el entorno 3D que se visualiza en la pantalla es más simple y requiere de menos recursos del equipo informático.

Es común el uso del render basado en polígonos donde los objetos son descompuestos de representaciones abstractas primitivas como esferas, conos, etc. Las mallas en forma de triángulos son muy usadas ya que son fáciles de renderizar usando Scanline rendering. También se puede usar el teselado (tessellation) mediante el que se transforma la representación de objetos en una representación poligonal de una esfera.

Las representaciones poligonales no son utilizadas en todas las técnicas de render como en la técnica de render de alambre (wireframe rendering), la del scanline rendering, o la de raytracing, también llamada radiosity.

El software de render puede simular efectos cinematográficos como la profundidad de campo, o el desenfoque de movimiento. También se han desarrollado técnicas para simular otros efectos de origen natural, como la interacción de la luz con la atmósfera. Igualmente existen técnicas que pueden simular lluvia, humo, fuego, niebla, polvo y otros efectos.

El proceso de renderizado puede hacerse lentamente (prerenderizado) o en tiempo real. El prerenderizado es un proceso computacional intensivo y su resultado es de altísima calidad. Además, en el prerenderizado, todos los movimientos y cambios en las escenas en 3D ya fueron prefijados antes del inicio de la renderización. En cambio, el renderizado en tiempo real es más usado en los juegos en 3D y suele procesarse a través de tarjetas aceleradoras de 3D, por ser un proceso

sumamente pesado. En este caso, todos los movimientos y cambios en la escena son calculados en tiempo real, pues los movimientos del jugador no son predecibles.

Normalmente cada aplicación de 3D cuenta con su propio motor de renderizado, pero cabe aclarar que existen plugins que se dedican a hacer el cálculo dentro del programa utilizando fórmulas especiales. En el caso de los videojuegos, normalmente se utilizan imágenes pre-renderizadas para generar las texturas y así ayudar al procesador de la consola a trabajar en el entorno virtual con mucha más fluidez.

Entre los programas más famosos usados para renderizar destacan los mencionados anteriormente (Ver punto 3.3.4.)

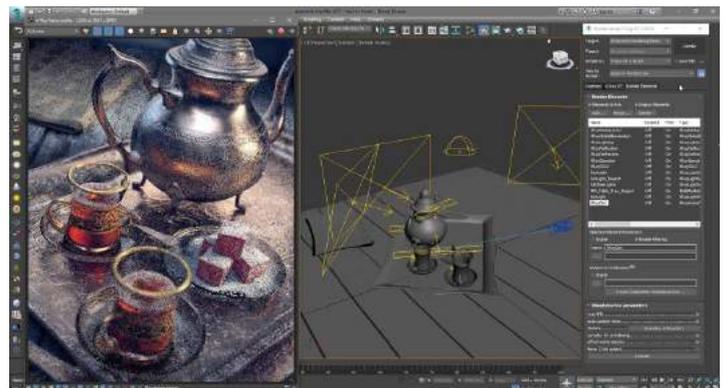


Imagen 45: Proceso de renderizado con Scanline Rendering



Imagen 46: Proceso de renderizado con Maya

### 4.3.6. Experimentación práctica con técnicas y herramientas aplicables a la animación de avatares a partir de la imagen corporal en 3D

#### Experiencia práctica 1: Proceso de escaneado e impresión 3D del avatar

Para esta práctica, me desplazé al 3D Print Workshop, en el municipio de Telde, en la isla de Gran Canaria, en donde se encuentra ubicado un escáner de cuerpo profesional CloneScan 3D.

El escáner constaba de una cabina cúbica, forrada por todos sus lados de unas cortinas de foscurit, para impedir que la luz exterior interfiera en el escaneado. Una vez dentro, hay una estructura metálica en forma de cubo, con dos brazos mecanizados a ambos extremos que sujetan cuatro escáneres de infrarrojos, muy parecidos al escáner Kinect.

Antes de comenzar el proceso de escaneado, se debe hacer un calibrado de color. Para ello se coloca un filtro frente a la lente y se espera unos 10 segundos antes de retirarlo. Se repite el mismo proceso con las otras tres cámaras. Con esto conseguimos que el obturador de las cámaras queden abiertas al mismo diámetro, provocando que entre la misma cantidad de luz, en todas ellas.

Una vez hecho esto, ya se puede pasar al escaneado. Los brazos mecánicos suben hasta dos centímetros por arriba a de la altura de la persona, previamente introducidos en los datos del programa, y cada 5 segundos, va bajando y sacando fotos. Durante ese tiempo se ha de estar lo más quieto posible, evitando parpadear.

La primera práctica, la hice con un *cosplay* de Harry Potter, siguiendo la “moda mediante la cual las personas se disfrazan representando ideas o determinados personajes nacidos de películas, novelas, videojuegos y fundamentalmente del animé, manga y comic” (45). Tuve especial cuidado en colocar bien los pliegos de la capa y el pelo. Ya que la cámara no sabe diferenciar que es pelo y que es cara, y lo interpreta todo como conjunto. Este escáner se tuvo que repetir una segunda vez, ya que usé una varita como complemento a la caracterización y ésta al ser un elemento muy fino y estar despegada ligeramente del cuerpo, no se logró captar bien.



Imagen 47: Resultado del escaneado con CloneScan 3D



Imagen 48: Escaneado mejorado con 3D Coat

Una vez conseguido el escáner deseado, se pasó esta figura al programa 3D Coat, en el que se le corrigieron los pequeños fallos propios del escaneado, para luego pasar a su posterior impresión 3D con la impresora Zprinter 650 de polvo cerámico. El archivo exportado es una malla que contiene un volumen 3D.

Mediante el software ZPrint se divide digitalmente el modelo 3D en cientos de cortes transversales, correspondientes cada uno con una capa del modelo que se va a imprimir. La máquina deposita el polvo composite de la tolva en su parte posterior, aplicando una fina capa de 0,004 pulgada (0,1 mm) en la plataforma de impresión. El cartucho de impresión se desplaza por esta capa, aplicando aglutinante (y las diferentes tintas en un modelo a color) según el patrón del primer corte transversal generado por ZPrint. El aglutinante solidifica sólo los puntos que corresponden a la geometría del modelo, dejando el resto del polvo suelto para su posterior reciclaje. En este punto, el pistón de la cubeta de construcción desciende 0,004 pulgadas (0,1 mm), quedando preparado para recibir la siguiente capa de polvo. El ciclo se repite hasta que el modelo se completa.

Cuando se eliminaron los restos de polvo de la pieza, se sometió la figura a un tratamiento de post-procesamiento para reforzar y mejorar su acabado. Este proceso se conoce como infiltración. Los infiltrantes son materiales a base de resinas, que se pulverizan sobre la superficie del modelo. El infiltrante rellena los orificios microscópicos de la figura, sellando su superficie, mejorando la saturación del color y mejorando las propiedades mecánicas del modelo a medida que se cura (46).

Finalmente, se obtuvo una pieza de cerámica fiel reflejo del modelo escaneado y mejorado, en la que a pesar de su tamaño de 13 cm, se pueden apreciar claramente mis rasgos personales y detalles del cosplay que usé, con lo que puede constituir una buena representación impresa de un avatar personalizado.



Imagen 49: Figura de cerámica del avatar de Harry Potter, impresa con Zprinter

## Experiencia práctica 2: escaneado, preparación y animación del avatar personalizado

La segunda práctica, se realizó con la intención de obtener un escaneado corporal fiel a la realidad y con la mayor calidad posible. Para ello, empleé en el proceso de escaneado ropa deportiva ajustada, a fin de evitar que el escáner interprete los pliegues de la ropa como parte de mi fisonomía. Este escaneado, me sirvió para tener mi topología corporal digitalizada, a fin de poder realizar una animación simple de mi avatar.

Una vez realizado el escaneado corporal con ropa ajustada y brazos abiertos a fin de obtener un modelo apropiado para su posterior animación se obtuvo un archivo en formato *.ply*, basado en polígonos que contiene información sobre el color, la transparencia y la textura del modelo 3D. La figura resultante presenta fallos derivados del propio proceso de escaneado y de la interpretación de los datos obtenidos. Por este motivo, utilicé el 3DCoat para corregir los errores en la malla presentes en el interior de las piernas, la parte superior de la cabeza, las texturas del pelo, así como brillos de la cara y la ropa. También me sirvió para definir mejor los rasgos faciales.

Igualmente, se corrigieron los bultos e irregularidades. En la galería digital se adjuntan los archivos de la figura antes y después de la mejora, de los que se han extraído las siguientes imágenes.

Otro procedimiento que seguí fue el de retopologizado de la figura ya que el resultado original no es apropiado para la animación debido a que la malla contiene demasiados polígonos y se encuentra desordenada. Mediante este proceso llevado a cabo con el mismo programa anterior se simplificó la figura y se procedió a guardarla en formato *.obj*.

Para conseguir una animación básica del avatar se ha recurrido a la web Mixamo. Una vez subida la figura procedimos a hacerle el rigging ajustando los puntos clave en articulaciones, pelvis y barbilla. Después de esto se incorporé animaciones básicas a mi avatar.

Por último exporté estos resultados al programa Blender para proceder al acabado final en el que se mejoró el rigging y se añadieron efectos de animación.



Imagen 50: Resultado del escaneado con CloneScan 3D



Imagen 51: Escaneado mejorado con 3DCoat

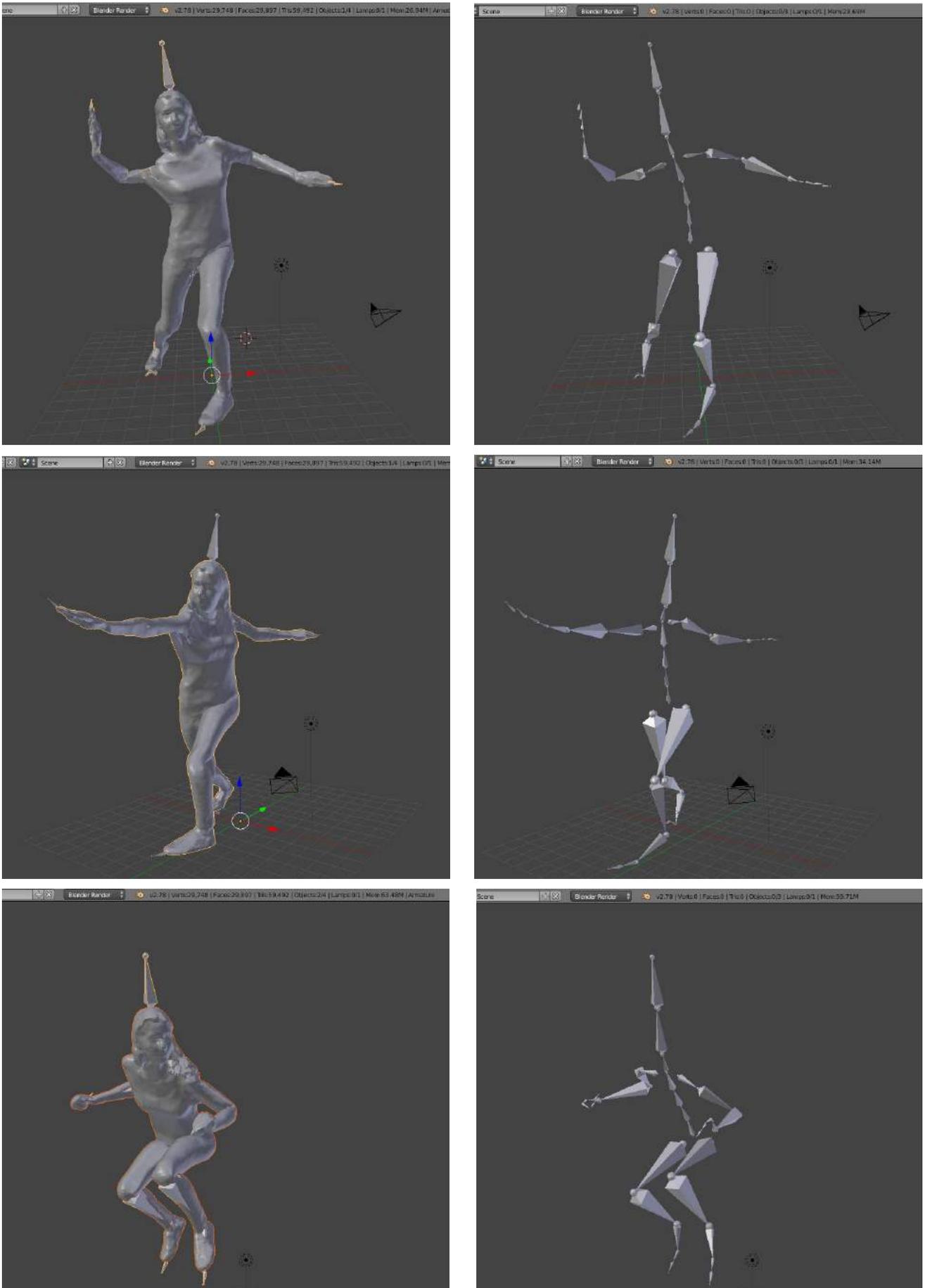


Imagen 52: Capturas de pantalla del proceso de animación con Blender

### 4.3.7. Resultados del diseño de avatares mediante herramientas y técnicas profesionales

En primer lugar destacan la calidad de resultados que se obtienen mediante el uso de herramientas y técnicas profesionales en comparación con los resultados anteriores.

En cuanto los métodos de captura la introducción de sistemas más complejos en los que se combinan distintos escáneres hace posible que se recojan un mayor número de datos y por tanto, se pueda trabajar a partir del primer resultado, con el consiguiente ahorro de tiempo en esta fase. Sin embargo para producir figuras realistas con rasgos reconocibles son necesarios retoques y corrección de fallos. Además son necesarios procesos suplementarios que implican programas específicos para llegar a un modelo que se pueda animar.

No obstante, la calidad que ofrecen las cámaras fotográficas sincronizadas, determinada por la calidad de las propias lentes y la variedad de ángulos de escaneado, es la mayor disponible en la actualidad. Aunque es la más difícil de conseguir técnicamente, así como la más costosa.

Con respecto al desarrollo de la tecnología de impresión 3D también se verifica la misma regla, las de mejor calidad son las más complejas tecnológicamente y también las más caras, siendo la impresora 3D de cerámica la que ofrece los resultados más logrados para la impresión de avatares.

Así que a nivel profesional la tecnología que se utiliza para el entorno 3D sigue suponiendo una importante inversión económica y de tiempo. Estos costes redundan también en el usuario final y lo alejan del acceso a este tipo de resultados de calidad con el que poder disponer de avatares realistas, que quedan reservados para sectores más volcados hacia la industria cinematográfica y de animación.



Imagen 53: Comparativa entre el escaneado de Harry Potter original y el modificado con 3D Coat



Imagen 54: Comparativa entre el escaneado original y el modificado con 3D Coat

## 5. CONCLUSIONES

En la actualidad con el desarrollo del gaming online y la realidad virtual existe una creciente demanda por parte de los usuarios de disponer de un avatar mediante el que pueda ser reconocido. Sin embargo, las soluciones que están siendo incorporadas en los propios juegos o programas de acceso a mundos virtuales son poco satisfactorias. Tanto los avatares creados a partir de selección de rasgos como los que incorporan rasgos topológicos de la cara a partir de fotos, presentan problemas de customización. Además, cuanto más opciones ofrecen para mejorar los resultados, más tiempo tiene que invertir el usuario e incluso así, el avatar resultante no consigue sino reproducir algunos rasgos medianamente reconocibles.

Por otro lado, las soluciones técnicas para poder crear avatares más fieles a la imagen del usuario se encuentran en el terreno profesional, pero la tecnología sigue siendo cara y por tanto, poco accesible para la generalidad de consumidores.

En un futuro cercano se vislumbran vías de solución a través de la incorporación de la tecnología de escaneo 3D a cámaras de móvil y dispositivos electrónicos que permitirán extraer y representar fielmente los rasgos del usuario. Conjuntamente con esto, es necesario que se desarrolle software más accesible que requiera de menos conocimientos técnicos y lleve a cabo las técnicas y procesos necesarios para generar un avatar que pueda ser animado en menos tiempo.

En conclusión, el ser humano siempre ha estado buscando nuevos horizontes por descubrir. Hoy en día se abre ante nosotros el complejo y amplio mundo de la realidad virtual y todas las posibilidades que ofrece para juegos, interacción social, aprendizaje, docencia e intercambio comercial, entre otras. Pero para estar verdaderamente presentes y que exista un hilo conductor entre nuestra realidad física y la realidad virtual, necesitaremos avatares que nos representen con nuestros rasgos personales. En las próximas décadas, diseñadores y desarrolladores tendremos que andar de la mano para facilitar el acceso a esta nueva dimensión a todo quien lo desee.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- 1 BELLI, S. y LÓPEZ RAVENTÓS, C. (2008). Breve historia de los videojuegos. *Revista de pensamiento e investigación social*, Vol. 14, pp. 159-179). Athenea Digital. <<http://atheneadigital.net/article/view/n14-belli-lopez/570-pdf-es>> [Consulta: 10 de marzo de 2017]
- 2 TURKLE, S. (2011). *Life on the Screen: identity in the age of the internet*, p.12. New York: Simon and Schuster.
- 3 REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2014). *Avatar*. En Diccionario de la lengua española (23.a ed.). <<http://dle.rae.es/?id=4X6SYjl>> [Consulta: 2 de marzo de 2017]
- 4 *Los Sims*(Versión 1, 2000). Maxis.
- 5 *Fallout 4* (Versión 1.9, 2017). Bethesda Game Studios.
- 6 *Black Desert Online* (V.1, 2015) Pearl Abyss. Obtenido de <<https://www.blackdesertonline.com/>> [Consulta: 4 de mayo de 2017]
- 7 *Portal oficial Second Life*. <<http://secondlife.com/?lang=es-ES>> [Consulta: 2 de marzo de 2017]
- 8 STEPHENSON, N. (1992). *Snow crash*. New York: Bantam Books.
- 9 *Portal oficial PlayStation Home*. <<http://live.playstation.com/>> [Consulta: 11 de febrero de 2017]
- 10 *Portal oficial The Elder Scroll V: Skyrim (V.5, 2013)* <<https://elderscrolls.bethesda.net/en?>> [Consulta: 5 de abril de 2017]
- 11 *Portal oficial WWE*. <<http://espanol.wwe.com/>> [Consulta: 16 de abril de 2017]
- 12 *Portal oficial NBA2K17*. <<https://www.nba2k.com/>> [Consulta: 23 de mayo de 2017]
- 13 *Football Manager* (V17.3.1, 2017). Sports Interactive Limited.
- 14 *Portal oficial Kinect*. <<http://www.xbox.com/es-ES/xbox-one/accessories/kinect>> [Consulta: 27 de abril de 2017]
- 15 *Your Shape: Fitness Evolved* (V.1, 2010). Ubisoft.
- 16 *Dance Central de Harmonix* (V.1, 2010). Harmonix Music Systems. Obtenido de <<http://www.harmonixmusic.com/games/dance-central/>>[Consulta: 12 de mayo de 2017]
- 17 *Portal oficial Fusion Recap 360*. <<https://recap360.autodesk.com/>> [Consulta: 22 de abril de 2017]
- 18 *Portal oficial Trnio* <<http://www.trnio.com/>> [Consulta: 15 de mayo de 2017]
- 19 *Portal oficial ItSeez3D* <<https://itseez3d.com/>> [Consulta: 15 de mayo de 2017]
- 20 *Portal oficial Scandy Pro*. <<https://scandy.co/>>
- 21 *Portal oficial iSense*. <<https://www.3dsystems.com/shop/support/isense/>> [Consulta: 15 de mayo de 2017]
- 22 *Portal oficial MakerBot Trimensional*. <<http://www.trimensional.com>> [Consulta: 27 de abril de 2017]

- 23 *Portal oficial SitePal.* <<http://www.sitepal.com/>> [Consulta: 2 de marzo de 2017]
- 24 *Portal oficial Mixamo.* <<https://www.mixamo.com/>> [Consulta: 2 de junio de 2017]
- 25 *Portal oficial Skanect 3D de Occipital.* <<http://skanect.occipital.com>> [Consulta: 2 de marzo de 2017]
- 26 *Portal oficial MeshLab.* <<http://www.meshlab.net/>> [Consulta: 4 de mayo de 2017]
- 27 *Portal oficial Sense 3D.* <<https://www.3dsystems.com/shop/isense/techspecs>> [Consulta: 4 de Mayo de 2017]
- 28 *Portal oficial iSense* <<https://www.3dsystems.com/shop/sense>> [Consulta: 5 de mayo de 2017]
- 29 *Portal oficial Intel RealSense* <<https://www.3dsystems.com/shop/realsense>> [Consulta: 6 de Mayo de 2017]
- 30 ONDRŮŠKA, P.; KOHLI, P.; IZADI, S.(2015). Mobilefusion: Real-time volumetric surface reconstruction and dense tracking on mobile phones. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 21, no 11, p. 1251-1258.
- 31 *Portal oficial Phab 2 Pro* <<http://www3.lenovo.com/es/es/tango/>> [Consulta: 6 de Mayo de 2017]
- 32 JUNCÁ, G. "El iPhone 8 puede dar el salto al reconocimiento facial tridimensional". *La Vanguardia* 04.07.2017 <<http://www.lavanguardia.com/tecnologia/20170704/423887184814/iphone-8-apple-reconocimiento-facial-3d.html>> [Consulta: 4 de julio de 2017]
- 33 *Portal oficial Mephisto CX Pro* <<http://www.caddyspain.com/escaneres-3d-4ddynamics/mephisto-cx-pro/>> [Consulta: 16 de abril de 2017]
- 34 *Portal oficial Mephisto EX Pro* <<http://www.caddyspain.com/escaneres-3d-4ddynamics/mephisto-ex-pro/>> [Consulta: 16 de abril de 2017]
- 35 *Portal oficial Artec Shapify Booth* <<https://www.artec3d.com/es/3d-scanner/shapifybooth>> [Consulta: 16 de abril de 2017]
- 36 *Portal oficial CloneScan3D* <<http://clonescan3d.com/>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 37 *Portal oficial BlueVishnu 3D* <<https://bluvishnu.com/>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 38 *Portal oficial 3Dcoat* <<https://3dcoat.com/>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 39 *Portal oficial ZBrush* <<https://www.uniat.com/zbrush/>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 40 *Portal oficial Blender* <<https://www.blender.org/>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 41 *Portal oficial 3D Maya* <<https://www.autodesk.es/products/maya/overview>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]

- 42 *Portal oficial 3D Studio Max* <<https://www.autodesk.es/products/3ds-max/>>  
[Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 43 *Portal oficial LightWave 3D* <<https://www.lightwave3d.com/>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 44 *Portal oficial Cinema 4D* <<https://www.maxon.net/es/productos/cinema-4d/cinema-4d>> [Consulta: 20 de mayo de 2017]
- 45 DICCIONARIO ACTUAL <s.f.> ¿Qué es cosplay?  
<<https://diccionarioactual.com/cosplay/>> [Consulta: 7 de mayo de 2017]
- 46 Z CORPORATION (2009). *Cómo funciona la impresión 3D*  
<<https://prototipadomayor.files.wordpress.com/2011/05/como-funciona-zprinter.pdf>> [Consulta: 13 de mayo de 2017]

## 7. ANEXOS

### 7.1. Aplicaciones informáticas para la creación de avatares 3D

Fusion Recap 360					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
WINDOWS/ MAC	300\$	NO	DISEÑO/ ARTE	VERSIÓN 3.2	AUTOCAD
<p>Aplicación basada en la fotogrametría para realizar figuras 3D a partir de la composición de múltiples imágenes. Se pueden escanear objetos, personas y panorámicas en 360º y detecta el uso de cualquier calibrado realizado con láser. Puede componer objetos a partir de seis imágenes, pero para mayor calidad se requieren un mínimo de veinte. También dispone de un apartado de edición para que eliminar fallos compositivos.</p> <p>Fuente: <a href="https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/fusion-360-au-2016-meetup-recap/">https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/fusion-360-au-2016-meetup-recap/</a></p>					

Trnio					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS	GRATIS	NO	DISEÑO 3D	VERSIÓN 2.81	TRNIO
<p>Puede transformar la cámara de un iPhone o iPad en un escáner 3D, mediante fotocomposición. El mínimo requerido para escanear un objeto en 360º es de 30 imágenes, mientras que para escanear personas en 180º es de 60 imágenes. Las imágenes se toman con la herramienta en la app, pero también pueden incorporarse imágenes de fuentes externas. Posteriormente, las imágenes se procesan en la nube de la propia aplicación hasta generar la figura en 3D. El resultado se puede guardar en nuestro dispositivo, compartir por redes sociales o publicar en la web de Trnio.</p> <p>Fuente: <a href="http://www.trnio.com/">http://www.trnio.com/</a></p>					

iSense (cita)					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS	GRATIS	ISENSE	DISEÑO 3D	VERSIÓN 2.2.0	3D SYSTEMS
<p>Esta es la app oficial que acompaña al iSense 3D Scanner de la compañía 3D Systems. Creada para iPad y iPhone. Con el Occipital's Structure Sensor se captura la estructura de un objetos físico y lo transforma al 3D, pudiendo escanear en ángulos de hasta 360º. El escáner toma las imágenes a color, detectando al instante el objeto a capturar. La app perfecciona el acabado, eliminando cualquier elemento 3D sobrante o que forme parte del fondo. También permite editar la imagen y guardarla en la librería de iTunes.</p>					

MakerBot Trimensional					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS	5,49€	NO	DISEÑO 3D	VERSIÓN 1.5	TRIDIMENSIONAL
<p>Trimensional MakerBot es un revolucionario escáner 3D, que te permite capturar modelos 3D rápidamente, ya sea desde objetos hasta anatomía humana. No se necesita escáner externo, ya que la cámara del iPhone o del iPad actúa como tal. Se necesita un ambiente de luz controlado.</p> <p>El resultado se puede mandar directamente a imprimir en alguna de las máquinas de la marca MakerBot e incluso compartirlas en <i>Thingiverse.com</i></p>					

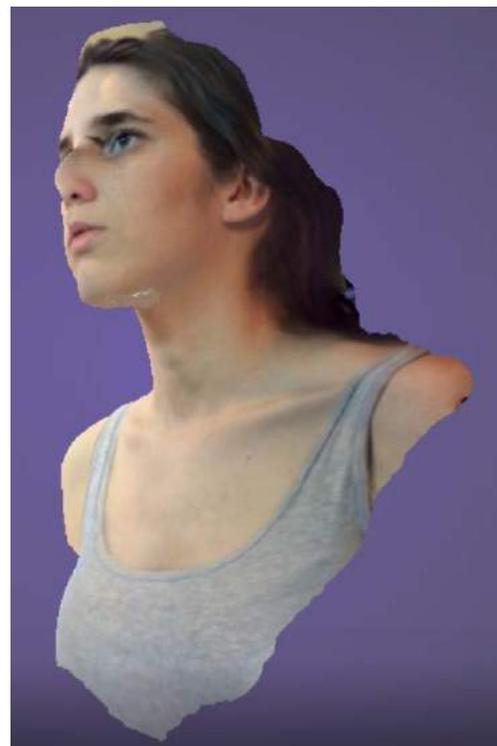
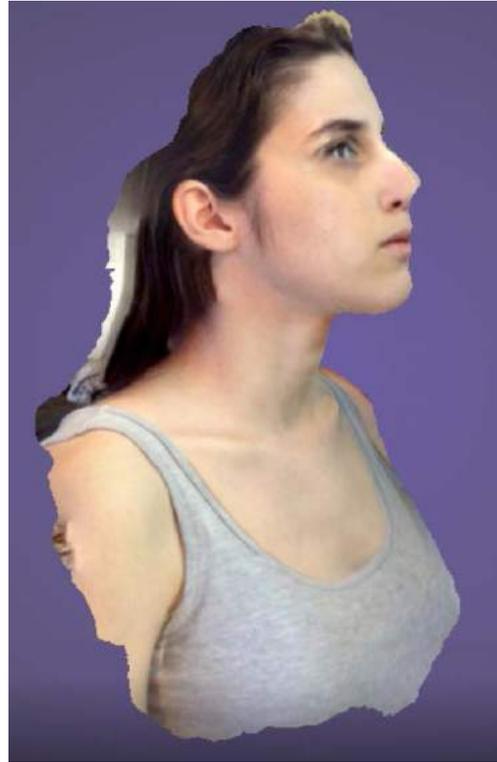
3DsizeMe					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS	GRATIS	STRUCTURE SENSOR	MEDICINA OTROS	VERSIÓN 1.6.2	TECHMED3D
<p>App para la digitalización en 3D de partes del cuerpo humano con la ayuda del sensor Structure Sensor. Una vez obtenemos el escaneado, este se puede importar a MSoft 3DsizeMe, (programa de edición complementario) para usarlo en otro amplio número de aplicaciones, tanto médicas como artísticas. Esta app no escanea el cuerpo entero, sino que se centra en partes concretas de la anatomía humana.</p>					

Nettelo					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS	GRATIS	NO	SALUD OTROS	VERSIÓN 1.7.25	NETTELO
<p>Esta app genera un avatar 3D de nuestro cuerpo con la ayuda de la fotocomposición a fin de proporcionarnos medidas exactas, sobre las dimensiones de diferentes partes del cuerpo.</p> <p>Una vez hecho esto, el modelo queda guardado dentro de la app y podemos ir realizando nuevos modelos a lo largo del tiempo y comparar cómo ha cambiado nuestro cuerpo desde el primer escáner.</p>					

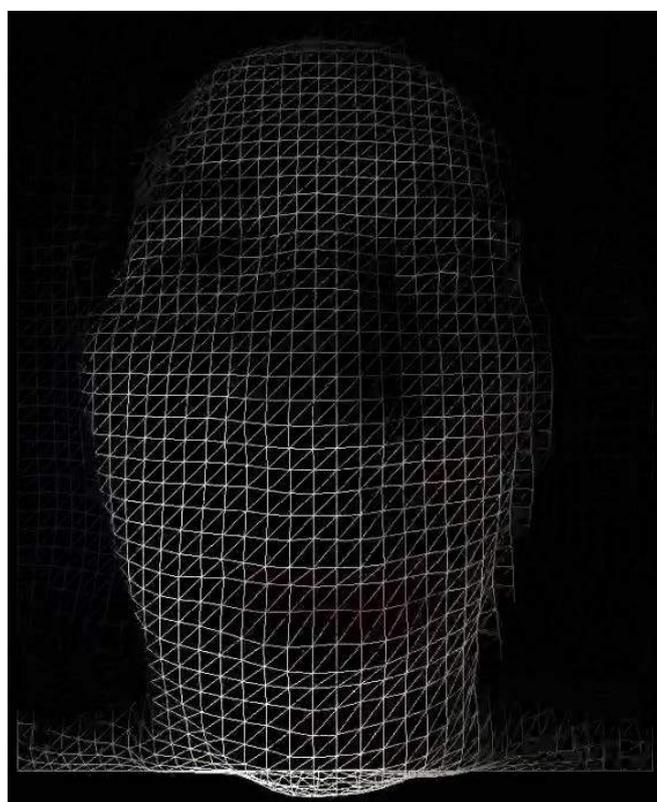
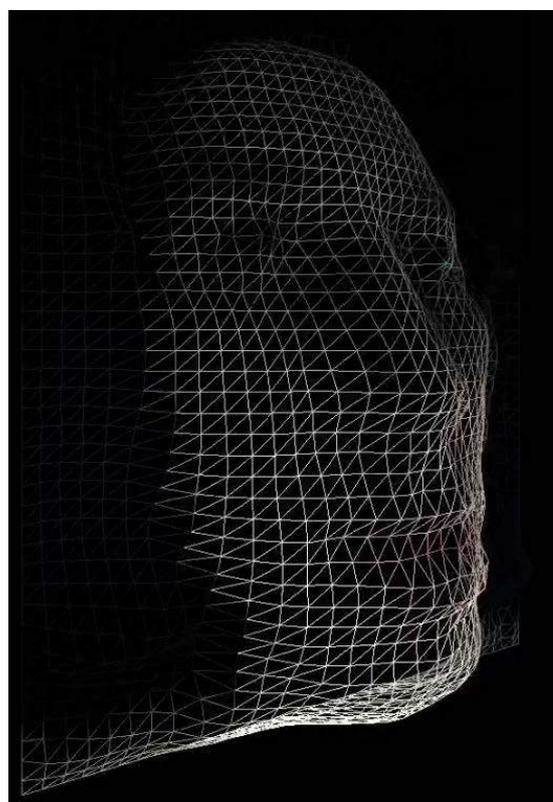
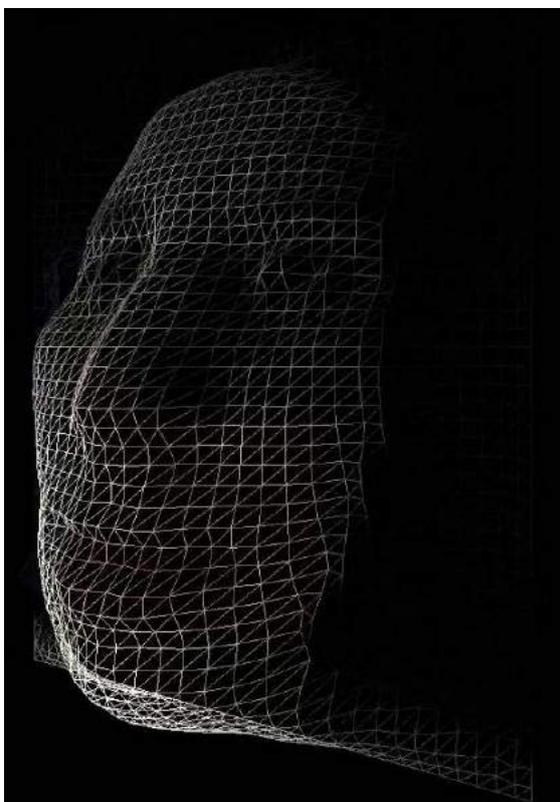
itSeez3D					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS	GRATIS	REALSENSE 3D	DISEÑO 3D	VERSIÓN 4.6	ITSEEZ3D
<p>itSeez3D es un escáner portátil que permite al iPhone y al iPad, realizar escáneres en 3D. Se puede capturar color y estructura de cualquier objeto y persona, transformándolos en un modelo 3D realista en HD. Genera una pantalla en la que puedes ver a tiempo real el escaneado que estás realizando, a fin de ayudarte a no dejar zonas sin escanear.</p> <p>Puedes compartir tus modelos en la web de <i>Sketchfab.com</i> o mandarlos a tu correo en formato .ply, .obj o .wrl</p>					
Scandy Pro					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
IOS ANDROID	GRATIS	TANGO 499\$	DISEÑO 3D	VERSIÓN 1.0.2	SCANDY CO.
<p>App generada para usar con el sensor Tango o para el Phab 2 Pro. Realiza escaneos de precisión, de forma rápida y portátil. Se pueden escanear personas, paisaje u objetos en 360º. Esta aplicación es capaz de diferenciar el fondo, del objeto que deseamos escanear, evitando problemas a la hora de generar el modelo.</p> <p>El resultado puede ser compartido en redes sociales con PLY 3D Mesh o guardarlo en tu dispositivo.</p>					
Scann3D					
Sistema Operativo	Precio de compra	Sensor complementario	Campo de Aplicación	Versión de la actualización	Compañía desarrolladora
ANDROID	GRATIS	NO	DISEÑO 3D	VERSIÓN 2.13	SMART MOBILE VISION
<p>Utiliza la fotocomposición para generar modelos 3D a partir de imágenes tomadas mediante móviles y tablets. Se puede usar la captura de imágenes de la propia app, o se pueden subir imágenes procedentes de medios externos.</p> <p>El resultado se puede guardar y con la ayuda de terceros, generar modelos 3D animables o texturizados.</p>					

## 7.2. Galería de imágenes complementarias

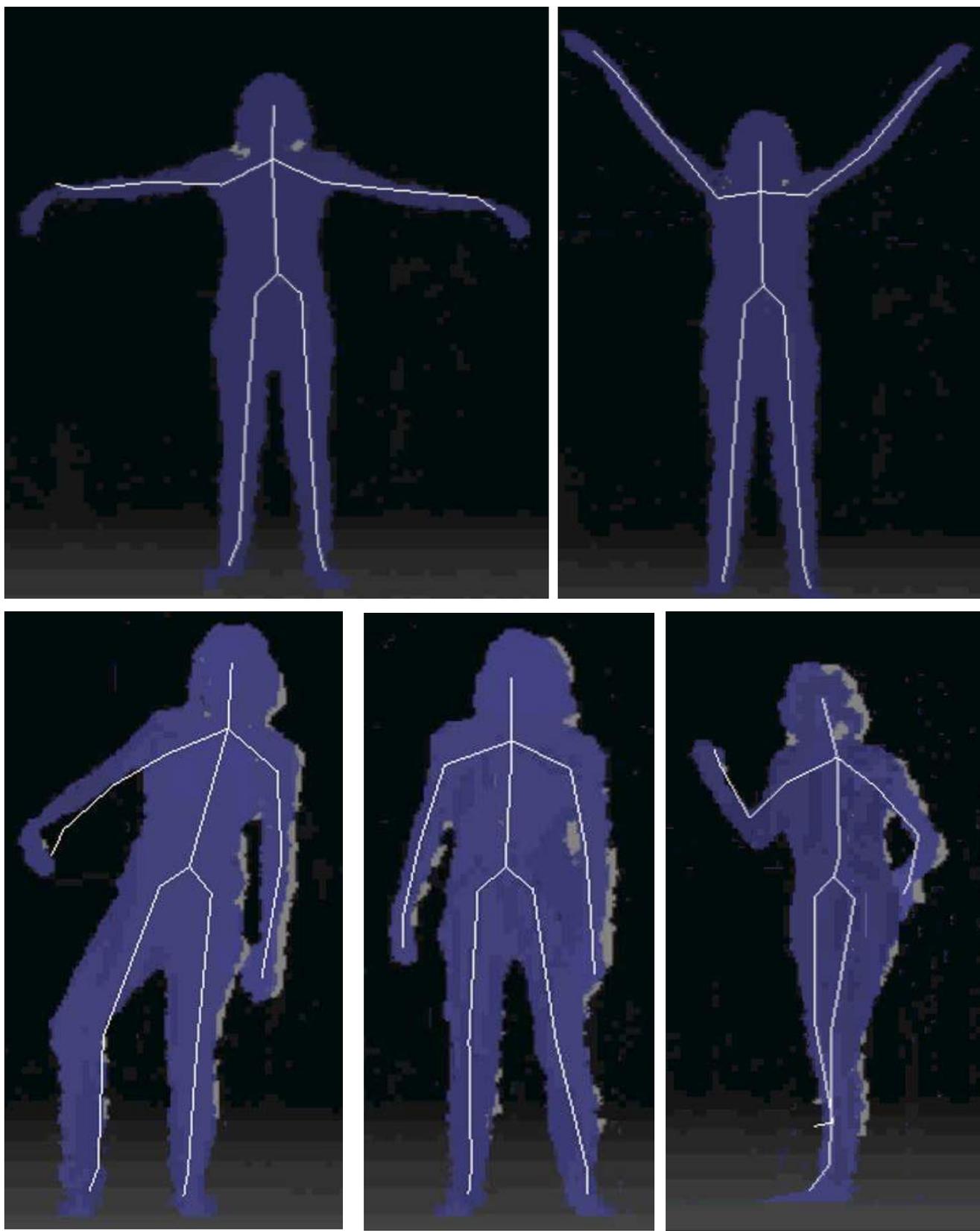
*Experiencia práctica Trnio*



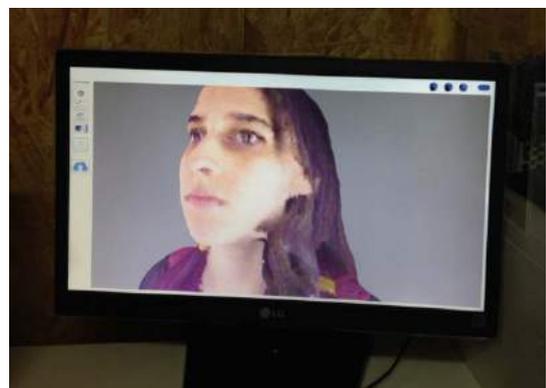
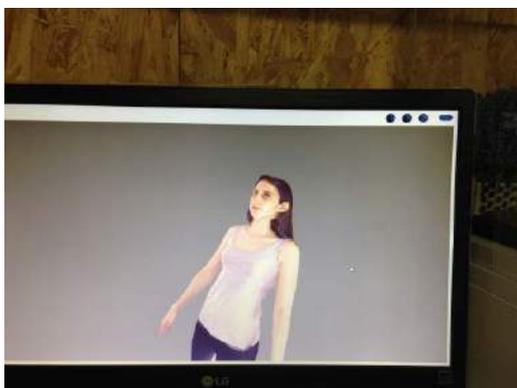
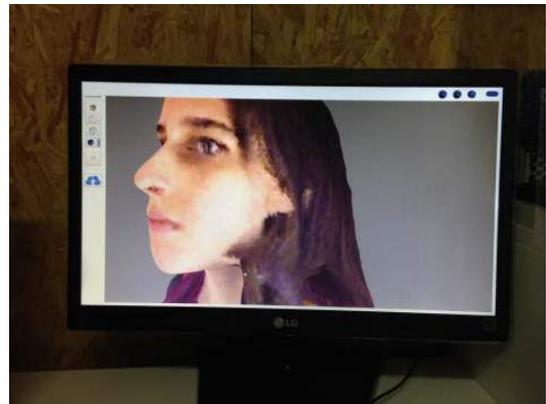
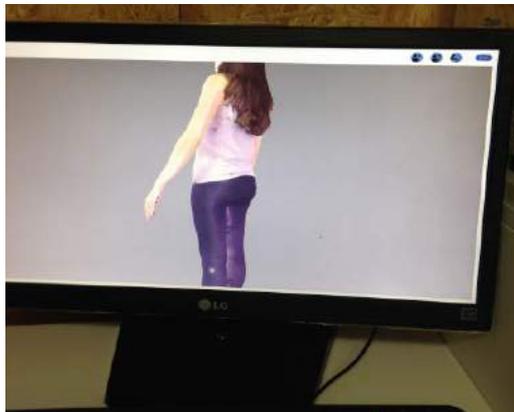
*Experiencia práctica MakerBot Trimensional*



*Experiencia práctica Kinect*



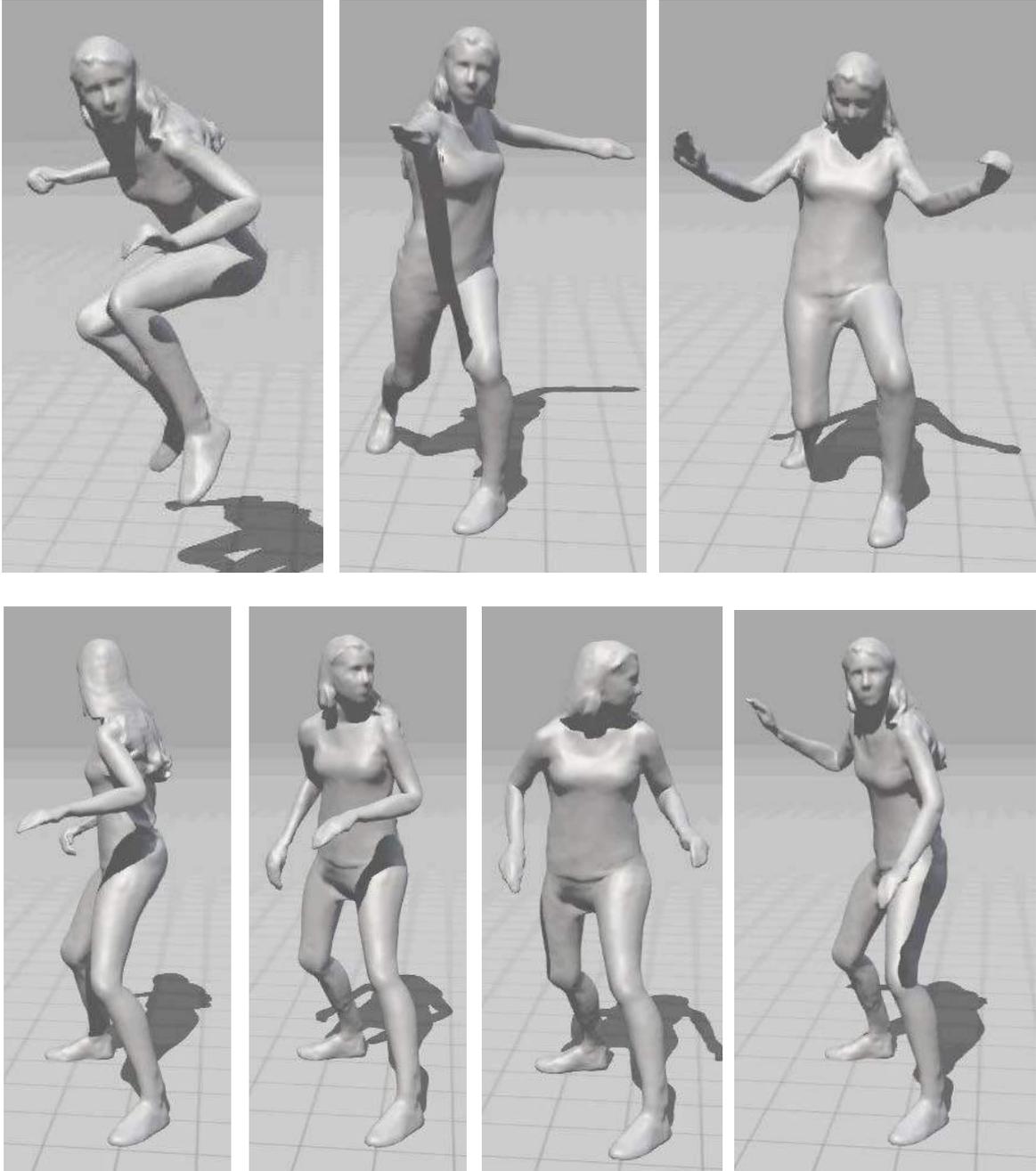
*Experiencia práctica CloneScan 3D*



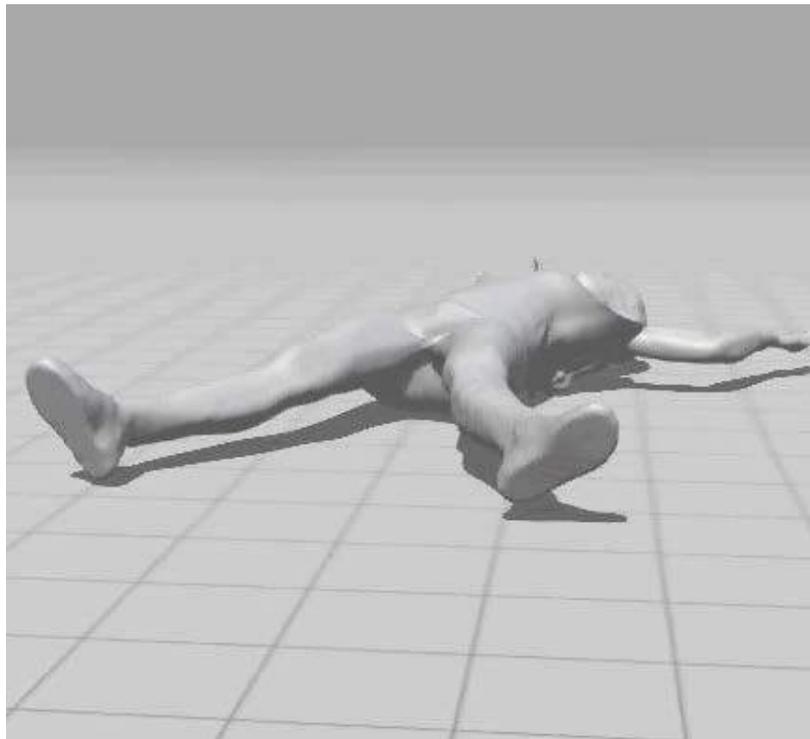
*Experiencia práctica Zprinter*



*Experiencia práctica animación con Blender*







## 7.3. Listado de contenidos e instrucciones de acceso a la carpeta digital

### Contenido digital TFG Elena Abade Gil

#### Archivos de animación Blender FBX

- Standing\_1H\_Magic\_Attack\_01
- Standing\_2H\_Magic\_Area\_Attack\_02
- standing\_idle
- standing\_idle\_02
- Standing\_Jump
- Standing\_React\_Death\_Backward
- Standing\_React\_Large\_From\_Front
- Standing\_React\_Small\_From\_Front
- Standing\_Run\_Back
- Standing\_Run\_Forward
- Standing\_Run\_Left
- Standing\_Run\_Right
- Standing\_Turn\_Left\_90
- Standing\_Turn\_Right\_90
- Standing\_Walk\_Back
- Standing\_Walk\_Left
- Standing\_Walk\_Right

#### Archivos escaner profesional

##### *Escaneo base avatar para animación*

- 1\_Elena\_Escaner original
- 2\_elenaoriginal\_mejorado
- 3\_elena
- 4\_elenaretopo

##### *Escaneo cosplay Harry Potter*

- Elena\_Hp 1
- elena\_HP\_final

#### Prácticas con escaner Kinect

- Video 1
- video 2

#### Vídeos de animación

- Animación avatar Elena AVI
- Animación avatar Elena MP4

#### Vídeos prácticas escaneado 3D

- Tridimensional\_81 (1)
- Tridimensional\_81
- Trnio

#### Enlace de acceso a la carpeta en Dropbox

Para acceder a la carpeta digital, es necesario copiar el siguiente enlace de acceso a la carpeta en dropbox, en su buscador de internet o clicando directamente sobre el mismo.

<https://www.dropbox.com/sh/jqwrnjg-66mmk7i0/AAA62r6Ppn9Re63xGalMIUU-Fa?dl=0>