



Universidad
Francisco de Vitoria
UFV Madrid

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE VITORIA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN
GRADO EN CREACIÓN Y NARRACIÓN DE VIDEOJUEGOS
2023/2024

**DEL STOP-MOTION AL VIDEOJUEGO:
METODOLOGÍA PARA RECREAR LA ANIMACIÓN
STOP-MOTION EN LOS VIDEOJUEGOS**

Autor

Nombre: María Eulalia Díez Guadarrama

Correo: mariaeulaliadiez@gmail.com

Tutor

Nombre: Pedro Pablo Aulló

Correo: pedropablo.aullo@ufv.es

Resumen

El *stop-motion* es una técnica de animación a menudo utilizada en el cine por su capacidad de evocar en el público la sensación de infancia en la que se divertían con sus juguetes. Su ritmo particular en el movimiento de los personajes es un atractivo que se ha tratado de reproducir en otros medios, como *Armikrog* (Pencil Test Studios, 2015) en videojuegos.

En este trabajo se busca recrear en un videojuego 3D, el resultado visual de movimiento que ofrece la técnica de la animación *stop-motion*, empleando las herramientas y técnicas de animación usadas en esta industria.

Se han estudiado las pautas seguidas en la creación de fotogramas, el uso de los principios de animación, así como las técnicas utilizadas por los campos de la animación *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos. A partir de los métodos empleados en ambas técnicas se ha desarrollado una metodología propia, que permite animar *stop-motion* en videojuegos, la cual se ha seguido para elaborar las animaciones de Jack Skellington en una adaptación 3D del videojuego 2D *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King* (TOSE, 2005). El resultado es un personaje con animaciones fieles a los campos de la animación 3D en videojuegos y el *stop-motion*, que recrean el movimiento característico de esta técnica dentro del juego.

Abstract

Stop-motion is an animation technique often used in cinema for its ability to evoke in the audience the feeling of childhood in which they had fun with their toys. Its particular timing in the movement of the characters is an attraction that has tried to be reproduced in other media, such as *Armikrog* (Pencil Test Studios, 2015) in video games.

This work seeks to recreate in a 3D video game the visual result of movement offered by the stop-motion animation technique, using the animation tools and techniques used in this industry.

The guidelines followed in the creation of frames, the use of animation principles, as well as the techniques used by the fields of stop-motion animation and 3D animation in video games have been studied. Based on the methods used in both techniques, a proprietary methodology has been developed that allows stop-motion animation in video games, which has been followed to create Jack Skellington animations in a 3D adaptation of the 2D video game *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King* (TOSE, 2005). The result is a character with animations faithful to the fields of 3D animation in video games and stop-motion that recreate the characteristic movement of this technique within the game.

Palabras Clave / Keywords

Palabras clave: *Stop-motion*, Animación en Videojuegos, Fotogramas, Ritmo, Principios de Animación.

Keywords: Stop-motion, Videogame Animation, Frames, Timing, Animation Principles.

Índice

Resumen.....	1
Abstract.....	1
Palabras Clave / Keywords.....	1
1. Introducción.....	4
2. Hipótesis y Objetivos.....	5
3. Metodología.....	6
4. Estado de la cuestión.....	7
4.1. <i>Introducción.....</i>	7
4.2. <i>Fundamentos de la animación.....</i>	7
4.3. <i>La animación stop-motion.....</i>	9
4.3.1. <i>Origen y evolución del stop-motion.....</i>	9
4.3.2. <i>Fundamentos del Stop-motion.....</i>	13
4.3.3. <i>Metodología de la animación stop-motion.....</i>	18
4.4. <i>Animación en los videojuegos.....</i>	20
4.4.1. <i>Fundamentos de la animación en videojuegos.....</i>	20
4.4.2. <i>Animación 3D en los videojuegos.....</i>	22
4.4.3. <i>Metodología de la animación 3D en videojuegos.....</i>	24
4.4.4. <i>Stop-motion en los videojuegos.....</i>	27
5. Marco teórico.....	28
5.1. <i>Rasgos relacionales del stop-motion y la animación 3D en videojuegos.....</i>	28
5.2. <i>Estudio de obras referentes.....</i>	32
5.3. <i>Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King.....</i>	33
6. Desarrollo.....	35
6.1. <i>Planificación del personaje.....</i>	35
6.1.1. <i>Diseño del personaje.....</i>	35
6.1.2. <i>Diseño de las animaciones y storyboard.....</i>	36
6.2. <i>Creación del personaje.....</i>	38
6.2.1. <i>Modelado.....</i>	38
6.2.2. <i>Skinning.....</i>	39
6.2.3. <i>Rigging.....</i>	40
6.3. <i>Configuración de herramientas y prueba del modelo 3D.....</i>	41
6.4. <i>Fases de animación.....</i>	42
6.4.1. <i>Blocking.....</i>	42
6.4.2. <i>Animación de in-betweens.....</i>	47
6.4.3. <i>Animación final.....</i>	51

6.5. Implementación en el motor.....	55
7. Conclusiones.....	57
8. Bibliografía.....	59
Anexos.....	61

1. Introducción

La animación 3D es una disciplina que mezcla la naturalidad del movimiento y la expresividad de los personajes para hacer creíble al espectador la historia que intentan transmitir. Por otra parte, la animación *stop-motion*, ilusión de movimiento generada por la captura fotográfica de objetos manipulados físicamente, aporta realismo y cercanía entre el personaje y el espectador. En un videojuego, la animación es el puente entre el jugador y el personaje al que cobra vida, por lo que requiere la combinación del realismo y la credibilidad para lograr una experiencia inmersiva. En este proyecto, se desarrolla el proceso seguido en la creación de las animaciones del personaje Jack Skellington recreándose el resultado visual de movimiento que ofrece el *stop-motion*. Destinadas a una adaptación en 3D del videojuego *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King* (TOSE, 2005).

La motivación principal que ha impulsado la realización de este trabajo es la pasión por la animación que comenzó con el cine y se ratificó con los videojuegos, con la intención de querer mostrar la compatibilidad entre dos técnicas de animación que se creían antagonistas durante parte de su historia: la animación *stop-motion* y la animación 3D digital, en este caso para videojuegos. De este modo, gracias al desarrollo de este trabajo se pretende dar vida a la animación *stop-motion* dentro de los mundos inmersivos de los videojuegos, en los que el jugador puede sentirse parte del personaje y su movimiento.

Para el desarrollo de este proyecto se investigan las características y técnicas de la animación 3D en videojuegos y del *stop-motion*, así como la compatibilidad entre ambas. Tomando como referentes autores como Ken A. Priebe y su obra *The Advanced Art of Stop Motion Animation* (Priebe, 2010), Jonathan Cooper y su libro *Game Anim: Videogame animation explained* (Cooper, 2019) y el proceso adaptativo de animación del videojuego *BrokenAge* (Double Fine, 2014). A partir de estos campos de estudio, se desarrolla una metodología de animación *stop-motion* para videojuegos 3D. Siendo aplicada en la creación e implementación funcional de las animaciones del personaje *stop-motion* Jack Skeleton para una adaptación 3D del videojuego 2D *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*.

2. Hipótesis y Objetivos

La hipótesis que se trata de responder es la siguiente:

Podemos recrear el resultado visual de movimiento que ofrece la técnica de animación *stop-motion* en los videojuegos gracias a las técnicas de animación 3D de esta industria.

El objetivo principal del proyecto es:

- Realizar la creación e implementación de las animaciones del personaje *stop-motion* Jack Skellington en una adaptación 3D del videojuego 2D *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*.

Para alcanzar el objetivo planteado se han establecido una serie de objetivos secundarios y más específicos, no solo como contribución al proyecto sino también a la industria de los videojuegos y la comunidad académica:

- Obtener las características, procesos y técnicas de la animación *stop-motion*.
- Obtener las características, procesos y técnicas de la animación 3D en videojuegos.
- Establecer la compatibilidad entre la animación *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos. Mostrando la relación entre ambas técnicas, sus similitudes y diferencias, para contribuir al campo de la animación.
- Desarrollar una metodología híbrida, a partir de los procesos utilizados en las técnicas de animación *stop-motion* y 3D en videojuegos, que permita animar personajes 3D en *stop-motion* para videojuegos y pueda ser utilizado por la industria.
- Determinar las características del videojuego 2D *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*. Centrándose en el diseño del personaje de Jack Skellington, sus animaciones, implicación de estas en el *gameplay* y funcionalidad en el motor de juego.
- Realizar el set de animaciones de desplazamiento del personaje Jack Skellington.
- Implementar el set de animaciones de desplazamiento de Jack Skellington en el motor de juego.

3. Metodología

1. Investigación de las fuentes bibliográficas

Como primer paso, se realizará una investigación detallada de los campos de la animación *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos, desde sus características generales hasta las técnicas que hacen peculiar a cada uno.

2. Análisis de compatibilidad entre las técnicas de animación

A partir de la previa investigación, se llevará a cabo un análisis comparativo de las técnicas y métodos de animación *stop-motion* y 3D en videojuegos. Con el fin de establecer una relación entre ambas, mediante la identificación de sus similitudes y diferencias, que permita establecer las bases técnicas para desarrollar una metodología de animación que cumpla con los requerimientos de ambas técnicas.

3. Elaboración de la metodología de animación *stop-motion* en videojuegos

En esta fase, a partir de la investigación previa sobre los procedimientos seguidos para realizar animación *stop-motion* y 3D en videojuegos, se desarrollará una metodología que permita realizar animaciones *stop-motion* en videojuegos 3D haciendo uso de las herramientas de esta industria, desde su diseño hasta su implementación en el motor de juego.

4. Creación e implementación del set de animaciones

Realizado el proceso de creación de animaciones *stop-motion* para videojuego 3D, se aplicará para la creación del set de animaciones de desplazamiento del personaje Jack Skellington para el videojuego *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*. Con el fin de conseguir las animaciones *stop-motion* funcionales de un personaje en el motor de juego.

5. Conclusiones

Por último, se analizarán los resultados para comprobar el éxito o fracaso del proyecto respecto al objetivo planteado.

4. Estado de la cuestión

4.1. Introducción

La animación es un arte que nace del deseo humano de crear la ilusión de vida, involucrando a los demás en los sentimientos y acciones representadas (Thomas, Johnston, 1981). Deseo que Richard Williams, director de animación en la película *Who Framed Roger Rabbit?* (Zemeckis, 1988), describe en su libro *The Animator's Survival Kit* como: “innato en el ser humano desde que pintaba animales en las paredes de las cuevas con cuatro pares de extremidades para simular su movimiento” (Williams, 2001). Paul Wells en su libro *Understanding Animation*, define la animación en su estado más puro como “arte de crear la ilusión de movimiento mediante la reproducción de líneas o formas inanimadas” (Wells, 1998).

4.2. Fundamentos de la animación

En 1824, Peter Mark Roget desarrolló el principio de la “persistencia de la visión”, como la capacidad del ojo humano para retener las imágenes durante una fracción de tiempo antes de desaparecer. De modo que, la sucesión rápida de imágenes secuenciales separadas produce la sensación de una sola imagen en movimiento. Autores en el campo de la animación como Richard Williams y Chris Webster, lo consideran el precursor del principio base de la animación y del cine: el *frame rate* o fotogramas por segundo (FPS) (Webster, 2005).

Webster en su obra *Animation: The Mechanics of Motion*, define el *frame rate* como la unidad mínima de tiempo necesaria para animar, que marca el número de imágenes por segundo requeridas para el que ojo no detecte la transición entre ellas sino un movimiento fluido. Esta unidad cambia dependiendo del medio en el que se realiza la animación. El estándar en el cine es de 24 FPS (Webster, 2005), mientras que los videojuegos funcionan a 60 o 120 FPS dependiendo de la consola (Cooper, 2019).

John Lasseter, director de largometrajes como *Toy Story* (Lasseter, 1995), publicó en 1987 el artículo *Principles of traditional animation applied to 3D computer animation*, con el objetivo de explicar la imprescindibilidad de entender los fundamentos tradicionales de la animación para animar correctamente. Adaptándolos a las necesidades o características estéticas concretas de la técnica escogida: dibujos 2D, *stop-motion*, animación 3D digital, etc.

En su artículo, Lasseter habla de la animación tradicional como la reproducción secuencial de dibujos (en animación 2D) o imágenes (en animación 3D) para simular movimiento. Mientras que la animación 3D digital implica la creación de un modelo tridimensional del personaje con el que se crea movimiento mediante la técnica del *keyframe*. Esto es, establecer mediante la reproducción de poses clave el movimiento secuencial del personaje (Lasseter, 1987).

Lasseter sustenta los fundamentos de la animación en dos pilares. El primero son los 12 principios de la animación desarrollados por Frank Thomas y Ollie Johnston en su libro *The Illusion of Life* (Thomas, Johnston, 1981). Heredados desde su creación durante toda la historia de la animación, y ratificados como cimientos del proceso creativo de este arte por numerosos autores, como el mencionado con anterioridad Chris Webster. A continuación, se describen los 12 principios de la animación expuestos por Lasseter en su artículo:

1. **Timing:** establecido como “la velocidad a la que se completan las acciones o partes de la acción” (Webster, 2005), y que “define el peso y tamaño de los objetos y la personalidad de los personajes” (Lasseter, 1987). Esto es, “el ritmo de la acción, y el espacio o intervalos en los que se produce el movimiento” (Williams, 2001).
2. **Stretch and Squash:** permite definir la rigidez y la masa de un objeto distorsionando su forma durante la acción (Lasseter, 1987). Se realiza estirando o aplastando partes del personaje, sin modificar su volumen, para exagerar una acción (Cooper, 2019).
3. **Anticipation:** movimiento que prepara al espectador para la acción que va a realizar el personaje. “La anticipación es ese movimiento previo del cuerpo preparándose para realizar una acción” (Lasseter, 1987).
4. **Staging:** “es la presentación de una idea de forma que quede clara” (Lasseter, 1987). Esto viene a decir que la puesta en escena del personaje debe ser coherente con su personalidad y movimiento.
5. **Follow Through y Overlapping Action:** según Lasseter son dos recursos diferentes pero muy relacionados entre sí. *Follow Through* hace referencia al modo en que termina una animación, contrario a la anticipación. *Overlapping Action* es el movimiento independiente y solapado de cada parte del personaje durante la animación, desde su inicio hasta su final (Lasseter, 1987).
6. **Straight Ahead y Pose to Pose:** son dos formas diferentes de animar. La primera consiste en realizar cada fotograma de forma cronológica de principio a fin de la acción. En la segunda, se establecen las poses principales de la acción y se rellenan los huecos con fotogramas intermedios o *in-betweens* (Lasseter, 1987). En la animación tradicional, los *in-betweens* los realiza el animador. Mientras que en la animación digital es el programa el que genera los fotogramas intermedios a partir de las poses clave, mediante un proceso conocido como interpolación (Webster, 2005).
7. **Slow in y Slow out:** principio que “marca la velocidad y duración de la acción, acelerando o desacelerando el movimiento según la distancia entre las poses intermedias” (Lasseter, 1987).
8. **Arcs:** consiste en “mostrar la trayectoria de la acción en los movimientos de los personajes, otorgándoles naturalidad” (Lasseter, 1987).
9. **Exaggeration:** Lasseter expresa que este principio, “no es llevar una acción al extremo, sino acentuar la esencia de una idea a través del diseño y la acción” (Lasseter, 1987). “Si el personaje está triste, hacerle más triste; si está preocupado, preocuparle aún más” (Lasseter, 1987).
10. **Secondary Action:** Lasseter describe que de la acción que realiza el personaje, se produce una secundaria que la refuerza, enfatiza y da más realismo (Lasseter, 1987).
11. **Appeal:** este principio consiste en lograr un diseño de animaciones que sea coherente, y comunicativo de modo que el espectador pueda identificarse con él (Lasseter, 1987).
12. **Solid Drawing:** este doceavo principio no es incluido por Lasseter en su artículo, la razón es explicada por Jonathan Cooper en su libro *Game Anim: Video Game Animation Explained*, en el que hace una adaptación de los 12 principios tradicionales de la animación al videojuego, demostrando lo dicho por Lasseter. Cooper explica que este principio se basaba en mantener el volumen del personaje de dibujo a dibujo en la animación tradicional en 2D, dándole un aspecto tridimensional, reinterpretándolo como una comprensión sólida de la mecánica corporal (Cooper, 2019).

El segundo pilar y más importante para Lasseter, es la personalidad del personaje. En palabras suyas “la personalidad del personaje animado es la aplicación inteligente de todos los principios de la animación”. Una buena animación depende de estar bien hecha técnicamente y de que sus movimientos acompañen su carácter y personalidad, haciendo que cobre vida propia (Lasseter, 1987).

“If the actions of the character ring true, the audience will be able to relate to the character, and he will be believable to them” (Lasseter, 1987).¹

4.3. La animación *stop-motion*

El *stop-motion* es una técnica de animación 3D descrita por Ken A. Priebe en su libro *The Advanced Art of Stop-motion Animation*, como “el arte que nos conecta con la época en la que nuestros juguetes cobraban vida gracias al poder de nuestra imaginación” (Priebe, 2010). Barry Purves ofrece una definición más técnica del *stop-motion* como: “la manipulación manual de algún objeto, ya sea una marioneta o imagen recortada, en un entorno físico; grabada en fotogramas sucesivos para crear la ilusión de movimiento” (Purves, 2007).

4.3.1. Origen y evolución del *stop-motion*

Inicios del *stop-motion*:

El término de *stop-motion* tiene su origen en el efecto de parar la cámara para manipular objetos entre fotogramas (Priebe, 2007). Fue descubierto por accidente por el ilusionista y cineasta George Méliès en 1896, al parársele la cámara mientras grababa una escena en la calle. Al unir los fragmentos grabados se produjo entre fotogramas un efecto de transformación de un autobús en un coche fúnebre, surgiendo las *trick films* como productos filmográficos en los que generar trucos visuales de metamorfosis. Su producción *The Haunted Castle* (Méliès, 1896), le convirtió en pionero de este género, usando la técnica conocida como pixilación ²(Figura 1) (Purves, 2007).



Figura 1 Capturas extraídas del cortometraje *The Haunted Castle* (Méliès, 1896)

¹ Si las acciones del personaje suenan verdaderas, el público podrá identificarse con el personaje y les resultará creíble.

² Purves describe la pixilación como una técnica filmográfica en la que se manipula a los actores entre fotogramas, junto con objetos animados, dando una sensación de movimiento y transformación, parecida al *stop-motion*. (Purves, 2007).

Frank T. Thompson, en su libro *Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision*, hace referencia a las *trick films* no como películas *stop-motion*, sino como la causa de su aparición. La primera película *stop-motion* aparece en 1898, cuando se usaron por primera vez muñecos como marionetas para la película *The Humpty Dumpty Circus* de J. Stuart Blackton (Thompson, 1994) (Figura 2).



Figura 2 Captura extraída del cortometraje *The Humpty Dumpty Circus* (Blackton, 1898)

“It was a tedious process in as much as the movement could be achieved only by photographing separately each change of position. I suggested we obtain a patent of the process” (Thompson, 1994, p.16)³

Etapa de experimentación:

Durante este periodo artistas independientes comenzaron a usar diferentes técnicas y materiales en la fabricación de marionetas, siendo una época de experimentación para el *stop-motion* (Thompson, 1994).

Vladislav Starévich fue pionero en desarrollar marionetas con un esqueleto que poder manipular, realizando películas *stop-motion* con animales disecados, como insectos para *The Cameraman's Revenge* en 1912 (Thompson, 1994).

La técnica se perfeccionó con Willis O'Brien y sus *build-up puppet*: marionetas fabricadas a partir de diferentes materiales con una armadura interna, de alambre u otros materiales, como esqueleto que poder manipular. Usadas por primera vez en su cortometraje *Ghost of Slumber Mountain* en 1918 (Priebe, 2007).

“First, he replaced the wooden armature with a teal ball-and-socket skeleton. This new armature gave a model the flexibility he required while at the same time allowing it to retain a position indefinitely” (Maselli, 2018, p. 56)⁴

³ Fue un proceso tedioso en la medida en que el movimiento sólo se podía lograr fotografiando por separado cada cambio de posición. Sugerí que obtuviéramos una patente del proceso.

⁴ Primero, reemplazó la armadura de madera con un esqueleto esférico de color verde azulado. Esta nueva armadura le dio al modelo la flexibilidad que necesitaba y al mismo tiempo le permitió conservar una posición indefinidamente.

O'Brien también se distingue por combinar la animación *stop-motion* con las películas *live-action* ⁵, destacando *King Kong* (Cooper, Schoedsack, 1933) (Figura 3) (Priebe, 2007).



Figura 3 Captura extraída de la película *King Kong* (Cooper, Schoedsack, 1933)

Por otro lado, con George Pal se introdujo la técnica de *replacement animation*: la fabricación de diferentes marionetas de un mismo personaje que se iban sustituyendo en cada fotograma de la animación con cada cambio de posición (Priebe, 2007).

Animadores posteriores harían evolucionar esta técnica fabricando partes reemplazables de la marioneta, como la cara o las extremidades, en lugar de la marioneta entera, como ocurre en la película *The Nightmare Before Christmas* (Sellick, 1993) (Thompson, 1994).

Crisis del *stop-motion*:

Durante el transcurso de los años 60 a los 90, el dominio de la animación 2D y el surgimiento del CGI, relegaron al *stop-motion* a los anuncios televisivos y a su utilización como efectos visuales en películas de ciencia ficción (Thompson, 1994).

Ray Harryhausen creó la técnica filmográfica de *dynamation*, una combinación entre el *live-action* y la animación, perfeccionando lo hecho anteriormente por O'Brien, con películas como *Jason and The Argonauts* (Chaffrey, 1963) y *Clash of the Titans* (Davis, 1981) (Priebe, 2007).

Siguiendo a Harryhausen, gracias al animador Phil Tippett se desarrolló el *go-motion*. Técnica que permite conseguir un movimiento más fluido, encajando mejor el *stop-motion* como efecto en películas *live-action*, aplicada por Tippett en *The Empire Strikes Back* (Kershner, 1980) (Figura 4) o *Willow* (Howard, 1988) (Purves, 2007).

⁵ Peter Lord y Brian Sibley en su libro *Cracking Animation: The Aardman Book of 3D Animation*, describen el *live-action* como la grabación de escenas en tiempo real que luego son reproducidas. Diferenciándolo de los fotogramas manipulados por el animador, que son grabados uno a uno por separado y tienen un proceso de creación y transformación entre fotograma y fotograma.



Figura 4 Captura extraída del libro *Basics Animation: Stop-motion* de Barry Purves (2007)

Por otro lado, algunos animadores trataban de desarrollar el *stop-motion* como un arte en sí mismo que no dependiera de la combinación con el *live-action*. La solución surgió con el *claymation*, animación *stop-motion* realizada con marionetas de arcilla, de manos de Will Vinton (Thompson, 1994). En 1974 su película *Closed Mondays* fue la primera película de *stop-motion* en ganar un Óscar. La técnica de Vinton impulsó la creación de estudios de animación *stop-motion* como *Aardman Animations* de Peter Lord, creador de los personajes Wallace y Gromit (Figura 5) (Priebe, 2007).



Figura 5 Captura extraída del libro *Cracking Animation: The Aardman Book of 3D Animation* de Peter Lord y Brian Sibley (1998)

Resurgir del *stop-motion* como arte:

En 1993, se lanzaba el primer largometraje con distribución internacional que supuso el renacimiento del *stop-motion*, *The Nightmare Before Christmas* (Selick, 1993) de Tim Burton. Esta película se estrenó junto a *Jurassic Park* (Spielberg, 1993), en un momento en el que el *stop-motion* estaba siendo sustituido por el CGI, quedando solo como medio de promoción o cine independiente como el de Vinton o Aardman (Priebe, 2007).

Inspirándose en referentes del *stop-motion* como Starewich, Jiri Trnka y George Pal; Tim Burton realizó una película que siguiera la técnica tradicional, mezclando diferentes métodos de animación de marionetas usadas para el *stop-motion* hasta el momento: marionetas de látex, armaduras de rótula, *replacement animation*, etc. (Priebe, 2010).

Esta película fue la primera en *stop-motion* en contar con la participación de un gran número de animadores con experiencia en este campo y un gran presupuesto gracias a Walt Disney. Permitiendo recursos como las 150 cabezas intercambiables creadas para la animación facial del protagonista, Jack Skellington (Figura 6) (Priebe, 2010).



Figura 6 Capturas extraídas del libro Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision de Frank T. Thompson (1994)

Con *The Nightmare Before Christmas* se probó la posibilidad de hacer películas en *stop-motion* como técnica de animación y arte en sí mismo, impulsando futuras obras como *Wallace and Gromit: Curse of the Were-Rabbit* (Park, Box, 2005), *Corpse Bride* (Burton, Johnson, 2005) y *Coraline* (Selick, 2009).

4.3.2. Fundamentos del *Stop-motion*

4.3.2.1 Aspecto técnico

La animación se basa en una serie de principios establecidos por Frank Thomas y Ollie Johnston, que muchos animadores a lo largo de la historia han desarrollado de forma más detallada para determinados medios y técnicas de animación (Priebe, 2010). El *stop-motion* tiene ciertas particularidades debido al medio y procedimientos utilizados, que complementan estos principios y le dan su reconocible apariencia.

El atractivo y aspecto más característico del *stop-motion* es su movimiento imperfecto, de apariencia entrecortada y poco refinada. Purves afirma que la animación no consiste en un movimiento fluido, sino en que el espectador pueda entender la intención del movimiento. Esto hace que, dentro del contexto adecuado, el movimiento peculiar del *stop-motion* no parezca raro o inferior a otras técnicas de animación (Purves, 2007).

"As much as we're blown away by how cool computers are and what they can do, it's hard for computers to find the imperfection of real living forms and objects." (Mcnamara, 2023)⁶

Ken A. Priebe, en su libro *The Advanced Art of Stop-Motion Animation*, describe las que considera las propiedades representativas del *stop-motion*, vinculadas en su mayor parte a la forma específica en que se utilizan los principios de la animación en esta técnica, y que permiten explicar su característico movimiento. A continuación, se definen estas propiedades, junto con características expuestas por autores de este campo mencionados anteriormente en la investigación, como Peter Lord, Barry Purves y Tom Gasek, entre otros.

⁶ Por mucho que estemos impresionados por lo geniales que son los ordenadores y lo que pueden hacer, es difícil para los ordenadores encontrar la imperfección de formas y objetos vivos reales.

Straight ahead:

El *stop-motion* es una técnica de animación lineal o *straight ahead*. Esto quiere decir, que el animador mueve la marioneta y saca una fotografía de esta de forma secuencial y continua, de manera que, al pasar de un fotograma al siguiente, el anterior se pierde (Priebe, 2010). No permite establecer poses clave que completar con poses intermedias o *in-betweens* con las que suavizar la animación, al contrario que en la animación 2D tradicional o la animación 3D digital (Priebe, 2010).

Las poses están hechas sin medición o exactitud, cambiando la posición de la marioneta entera o alguna de sus partes, de forma continua entre fotogramas, otorgando imperfección al movimiento. La animación de sus personajes recuerda, al igual que el teatro de marionetas, al momento en el que un niño da vida a sus juguetes. Por lo que, el espectador al ver animación *stop-motion* busca ver reflejado el mismo movimiento quebrado, realizado paso a paso, que se produce al hacer andar un muñeco (Gaseek, 2004).

“Stop-motion connects us to the time when our toys came to life through the power of our imagination” ⁷(Priebe, 2010)

Físico:

En la animación *stop-motion* los escenarios y los personajes son fabricados manualmente y manejados continuamente por el animador. Condicionando esta animación a las imperfecciones y limitaciones de su aspecto físico: las marionetas se rompen y son reemplazadas o arregladas, siendo la segunda marioneta diferente a la primera; la animación *straight ahead* en un espacio físico tridimensional dificulta al animador continuar de forma exacta y medida el movimiento del personaje respecto al fotograma anterior, etc.

Frame rate:

Dentro de la animación *stop-motion* se pueden encontrar dos modos de animar respecto al *frame rate*, “animar en dosis” o “animar en unos”. Para el estándar del cine de 24 fotogramas por segundo, medio en el que se realiza tradicionalmente el *stop-motion*, “animar en unos” consiste en realizar 24 movimientos, es decir, 24 fotogramas del personaje. Mientras que, “animar en dosis” implica realizar un movimiento cada dos fotogramas, es decir, animar a 12 fotogramas por segundo (Priebe, 2007).

El *stop-motion* desde su creación se anima generalmente a 12 fotogramas por segundo por dos motivos. Por un lado, permite abaratar costes y tiempo. Por otro lado, debido al movimiento imperfecto de esta técnica de animación, al animar a mayores fotogramas por segundo se corre el riesgo de mostrar errores en el movimiento, como pequeñas vibraciones en el personaje conocidas como *strobing* (Purves, 2007).

⁷ El *stop-motion* nos conecta con la época en la que nuestros juguetes cobraban vida gracias al poder de nuestra imaginación.

No obstante, directores como Tim Burton o Barry Purves realizan sus producciones de *stop-motion* a 24 fotogramas por segundo, es decir, realizando cada fotograma del personaje o “animando en unos”. Su argumento es que permite un movimiento más fluido al contar con mayor número de fotogramas. Sin embargo, otros animadores como Peter Lord o Tom Gaseek argumentan que animar a 12 FPS permite lograr animaciones que muestren la apariencia quebrada de muñecos en movimiento, esencia del *stop-motion*, que se pierde con la animación más fluida a 24 FPS (Priebe, 2007).

En cambio, Ken A. Priebe en su primer libro *The Art of Stop-motion Animation*, expresa que una técnica extendida en la realización del *stop-motion* consiste en animar principalmente en doses, y en momentos concretos que lo requieran, como acciones rápidas, animar en unos. Es decir, realizar la animación a 12 FPS, pero variando el espacio entre fotogramas en los momentos que se requieran (Priebe, 2007).

“At 24 frames per second, it takes 6 frames to feel something, 8 frames to see it, and 12 frames for it really soak into the brain” (Priebe, 2010, p. 206)⁸

Línea de acción:

Se considera una de las dificultades del *stop-motion* el conseguir un movimiento fluido, haciendo coincidir cada fotograma con el siguiente, debido al método de animación *straight ahead* (Priebe, 2010). Por ello, es importante fijar una línea de acción que seguir en el movimiento, es decir, la trayectoria en que se mueven las marionetas (Priebe, 2010).

Estas trayectorias son movimientos arqueados que usan un punto de referencia como guía (Priebe, 2010). Priebe pone de ejemplo el movimiento de la cabeza al girarse hacia la derecha: la trayectoria debe ser hacia la derecha usando los ojos como referencia que guíe el movimiento del resto de la cabeza (Figura 7).



Figura 7 Capturas extraídas del libro *The Advanced Art of Stop-motion Animation* de Ken A. Priebe (2010)

⁸ A 24 fotogramas por segundo, se necesitan 6 fotogramas para sentir algo, 8 fotogramas para verlo y 12 fotogramas para que realmente penetre en el cerebro.

Naturalidad del movimiento:

Con el objetivo de lograr movimientos naturales y creíbles, Priebe expresa que se debe tener en cuenta que toda acción cuenta con un movimiento previo contrario y preparatorio a esta, con cada parte del cuerpo comenzando y terminando su movimiento en momentos diferentes. Ambos son dos principios de animación, *anticipation* y *overlapping action*, aspectos que Priebe considera imperativos para lograr dar vida a las marionetas.

Pone como ejemplo la acción de coger una pelota. Reproduciendo la realidad, el personaje antes de bajar el brazo para coger la pelota debe subirlo (*anticipation*). Además, en lugar de moverse el brazo al completo a la vez, de forma natural se mueve primero la muñeca, luego el codo y por último el hombro. Dando lugar a un movimiento escalonado y superpuesto de cada parte del brazo (*overlapping action*) (Figura 8) (Priebe, 2010).



Figura 8 Capturas extraídas del libro *The Advanced Art of Stop-motion Animation* de Ken A. Priebe (2010)

Ritmo de la animación:

Un riesgo al animar a 12 FPS y *straight ahead* es que el movimiento sea mecánico y constante: movimiento-espera-movimiento-espera. Peter Lord, creador de *Aardman Animations*, explica que debe haber momentos de aceleración y desaceleración del movimiento, siguiendo el principio de la animación *slow in* y *slow out*, con pausas o esperas llamadas *holds*⁹. Es decir, variar el espacio o intervalo entre fotogramas para dar ritmo al movimiento (Lord, 1998).

4.3.2.2 Performance

La actuación o *performance* se considera la preparación del personaje que permite un buen uso de los principios de animación vistos con anterioridad. Todo lo que sucede dentro del personaje afecta a cómo se mueve, esto es, sus decisiones, actitud y estado de ánimo; en resumen, su personalidad. Por ejemplo, si un personaje está nervioso o feliz sus movimientos serán más rápidos y separados, es decir, que requerirá menos fotogramas (Priebe, 2010). La *performance* debe ser planificada antes de comenzar a animar, al diseñar el personaje.

Normalmente para esta planificación del personaje, los animadores de *stop-motion* suelen dibujar bocetos de la animación general con sus poses principales, que luego prueban en las

⁹ Un *hold* es un momento en que se detiene la acción al animar durante más de dos fotogramas. Peter Lord explica que estas pausas de la acción no deben ser una detención completa del cuerpo, sino que, si por ejemplo nuestro cuerpo está sentado nuestra cara sigue expresando.

marionetas para asegurarse de que su armadura sea capaz de realizar los movimientos planteados (Priebe, 2010).

4.3.2.3 Marionetas

Las marionetas han sido, desde los inicios del *stop-motion* como arte, las protagonistas de esta técnica de animación, pasando por diferentes métodos de fabricación: desde insectos disecados pasando por madera, plastilina o arcilla; hasta látex o plástico (Vicenzo, 2018). Son manipuladas constantemente por el animador por lo que es necesario un esqueleto o armadura interna resistente y de fácil control para realizar los movimientos (Purves, 2007).

Las armaduras consisten en una placa con sujeciones de un material resistente, normalmente aluminio, que funcionan a modo de tronco y pelvis; a las que se unen, mediante varillas, articulaciones con sus extremidades: brazos, manos, piernas y cabeza. La armadura, por lo tanto, se divide en 5 partes (torso, brazos, manos, piernas y cabeza) formadas por cadenas de huesos con un movimiento encadenado, en las que la movilidad de cada cadena no afecta a las demás. Por ejemplo, el desplazamiento del hombro mueve el codo, la muñeca y los dedos; y, por lo tanto, el del codo solo afecta a los huesos por debajo de él: la muñeca y los dedos. Pero, el movimiento de la cadena de huesos del brazo no desplaza el tronco (Purves, 2007).

Se usan materiales diferentes tanto para las distintas partes de la armadura como para el exterior de la marioneta. Su elección y fabricación dependerá de los requerimientos del diseño del personaje y sus movimientos, determinando que partes de la marioneta son duras, flexibles, reemplazables, pesadas o más o menos detalladas. Por otro lado, gracias a la evolución de los materiales, se han incluido técnicas que permiten disponer de sujeciones externas a la armadura para controlar su movimiento, en lugar de manipular directamente las piezas de la marioneta y su esqueleto (Priebe, 2010).

La técnica de fabricación más utilizada es la desarrollada por George Pal, *replacement armature*, con armaduras que Priebe describe como “enchufables”. Esto quiere decir, que las extremidades se fabrican de modo que sean reemplazables, pudiendo ser conectadas y desconectadas fácilmente al tronco de la marioneta (Priebe, 2010). Este método permite disponer de expresiones faciales intercambiables y la posibilidad de contar con piezas de recambio por si la marioneta, la armadura o alguna de sus partes se rompe debido a su continuo uso (Figura 9).

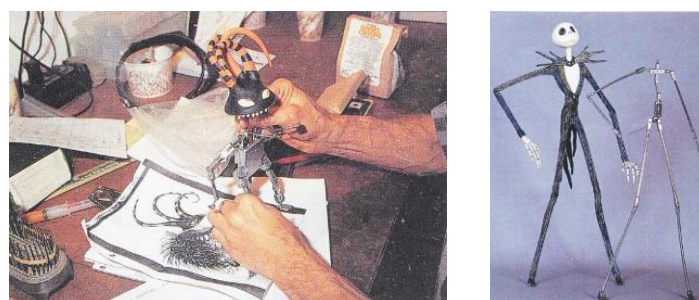


Figura 9 Capturas extraídas del libro Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision de Frank T. Thompson (1994)

4.3.3. Metodología de la animación *stop-motion*

La animación *stop-motion* es una técnica llevada a cabo en el ámbito filmográfico por lo que su proceso de creación está estrechamente vinculado al de la animación 2D tradicional en este medio. Para su explicación se usa como referencia la metodología utilizada en la animación *stop-motion* descrita por Ken A. Priebe en su libro *The Art of Stop-motion Animation* (Priebe, 2007), junto al proceso de animación de los personajes de la película *The Nightmare Before Christmas* (Shelick, 1993), mostrado en el libro *Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision* (Thompson, 1994).

- 1. Idea inicial:** primero se debe establecer la historia que se quiere contar y diseñar a sus personajes. Esto último es importante, ya que permite determinar la forma en que los personajes van a comunicar la historia a través de su lenguaje corporal y hablado. Cómo son por dentro y la forma en que lo van a exteriorizar. (Priebe, 2007).
En el caso de *The Nightmare Before Christmas*, Tim Burton describió la idea en el poema en que se basa la película, incluyendo dibujos y descripciones de los personajes, principalmente de Jack Skellington y Zero (Thompson, 1994).
- 2. Concept art:** en esta fase artistas realizan bocetos iniciales para mostrar al equipo una propuesta del aspecto de los personajes y los escenarios (Priebe, 2007).
En la película *The Nightmare Before Christmas* había dos mundos muy diferentes, Halloween Town y Christmas Town (Figura 10), que debían encajar con el conjunto de la película y reflejar la historia de Burton. Siendo necesario un diseño previo que ser probado y aceptado antes de fabricado (Priebe, 2007).



Figura 10 Capturas extraídas del libro *Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision* de Frank T. Thompson (1994)

- 3. Storyboard:** este paso es el más importante en animación pues significa traducir la historia, junto con todo el diseño previo de personajes y escenarios, en una serie de dibujos que muestren no solo una visión general de la película, sino el comportamiento de los personajes. Es crucial en la preproducción para realizar todos los cambios necesarios antes de comenzar a animar (Priebe, 2007).
- 4. Story Reel:** en esta fase, se sincronizan los dibujos del *storyboard* para formar una primera película, conocida como *animatic* (Figura 11). Es una previsualización del aspecto aproximado del producto final, que permite a los animadores poder formarse una idea de la manera en que deben realizar cada movimiento de los personajes (Priebe, 2007).



Figura 11 Capturas extraídas del libro *Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision* de Frank T. Thompson (1994)

5. **Construcción de marionetas y escenarios:** tras realizar los cambios necesarios en el *story reel*, se fabrican los escenarios y las marionetas, junto con los repuestos necesarios (Figura 12). Muchas veces se hace un *mock-up* o primera versión de los escenarios para hacer pruebas, tanto del movimiento de las marionetas y sus armaduras como de la cámara, antes de elaborar los finales (Priebe, 2007).

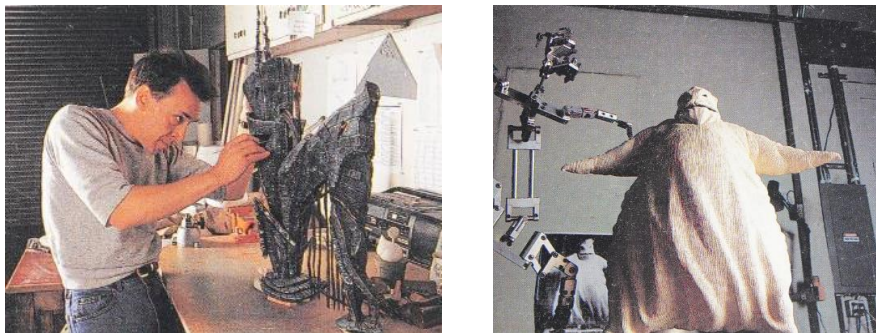


Figura 12 Capturas extraídas del libro *Tim Burton's "Nightmare Before Christmas": The Film, The Art, The Vision* de Frank T. Thompson (1994)

6. **Animación:** en esta fase los animadores dan vida a los personajes. Si el presupuesto y los plazos lo permiten, realizan una primera grabación de las poses clave del movimiento de las marionetas en los escenarios, que se visualiza al día siguiente. Si es aprobada, el animador realiza la grabación final de toda la animación fotograma a fotograma. Si no, sigue corrigiendo fallos en esa primera grabación. Este método junto a la técnica de animar *straight ahead* fotograma a fotograma, provoca que 3 o 4 segundos de animación en *stop-motion* puedan suponer un día entero de grabación (Priebe, 2007). *The Nightmare Before Christmas* necesitó 3 años de realización (Thompson, 1994).
7. **Post-producción:** esta última fase se lleva a cabo una vez finalizadas todas las animaciones. Se sincronizan los fotogramas al *frame rate* especificado en la producción y se añaden la banda sonora y efectos visuales necesarios (Priebe, 2007).

4.4. Animación en los videojuegos

Chris Pallant en la obra *The animation studies reader* (Dobson, 2018), establece que el papel de la animación en los videojuegos es el de “transportar al jugador desde la autoconciencia desconectada, al estado psicológico profundamente inmerso que se disfruta durante el *gameplay*”. Esto viene a decir, que la animación permite dar vida al mundo virtual para lograr una implicación total del jugador durante el juego.

4.4.1. Fundamentos de la animación en videojuegos

Thomas y Johnston establecieron 12 principios de la animación como la base que debe comprender cualquier animador. Sin embargo, fueron concebidos para una forma lineal de entretenimiento a través de la animación, como el cine. Los videojuegos no son un medio lineal en el que las animaciones se reproducen de forma cronológica para contar una historia, sino que dependen de la interacción del jugador (Cooper, 2019).

Jonathan Cooper, animador en videojuegos como *Uncharted 4* (Naughty Dog, 2016) y *The Last of Us II* (Naughty Dog, 2020), en su libro *Game Anim: Video Game Animation Explained*, propone 5 principios exclusivos de la animación en videojuegos, no para reemplazar, sino complementar los originales de Thomas y Johnston.

Sensación:

La principal diferencia entre la animación tradicional y la animación en videojuegos es la interactividad. La animación es la responsable de que el jugador se sienta el personaje o un espectador de la acción. Siendo muy importante el tiempo de respuesta entre la acción del jugador y la reacción que espera ver en el personaje. (Cooper, 2019).

El animador debe buscar el equilibrio entre una animación que cumpla con las intenciones del personaje y el deseo de respuesta del jugador, sin sacrificar el peso del personaje o la fuerza de la acción para que sea más rápida (Cooper, 2019).

Para Cooper, la clave de la sensación de una animación es su representación o *feedback* visual. Esto es, mostrar visualmente la repercusión de las acciones del jugador mediante las animaciones del personaje (Cooper, 2019). Un ejemplo es la pausa exagerada al golpear para dar a entender la fuerza del impacto (Figura 13) (Riot Games, 2018).



Figura 13 Captura extraída del vídeo *So You Wanna Make Games \ Episode 6: Character Animation* de Riot Games (2018)

Fluidez:

En el cine las animaciones son lineales, sin embargo, en los videojuegos cada personaje tiene diferentes animaciones que se van intercambiando y superponiendo entre ellas según las decisiones del jugador, por ejemplo, disparar corriendo. Los sistemas que permiten controlar las transiciones entre animaciones son las máquinas de estados (Figura 14). Estructuras que reproducen las animaciones de forma cíclica e independiente, estableciendo conexiones entre ellas, que, mediante condiciones, permiten transiciones de unas a otras (Riot Games, 2018).

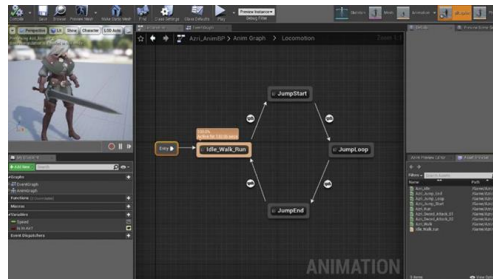


Figura 14 Captura extraída del libro *Game Anim: Video Game Animation Explained* de Jonathan Cooper (2019)

Los personajes realizan una misma animación hasta que el jugador cambia de acción, por lo que es fundamental su aspecto cíclico. Es necesario un bucle continuo en cada animación, de manera que el jugador no detecte el momento en que una animación se termina y se reinicia. Además, el cambio entre animaciones debe ser fluido, de forma que no se noten transiciones bruscas entre ellas (Cooper, 2019).

Legibilidad:

Con este principio Cooper hace referencia a la legibilidad de las animaciones en el juego. A diferencia de la animación tradicional, en los videojuegos 3D, las animaciones se ven desde todos los ángulos, lo que requiere que el movimiento ocurra en todos los ejes (Cooper, 2019).

Establecer una línea de acción clara implicando a todas las partes del cuerpo del personaje facilita al jugador entender el movimiento. Del mismo modo, se debe tener definido con claridad el equilibrio del personaje en sus animaciones, mostrando como se distribuye su peso a través de su centro de gravedad (Figura 15). Estas dos características contribuyen a fijar poses en las animaciones del personaje que le atribuyen personalidad y claridad en su movimiento (Riot Games, 2018).

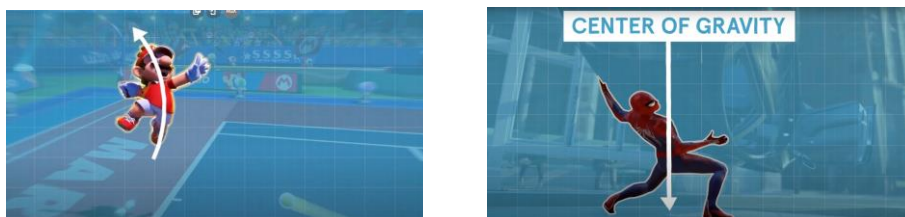


Figura 15 Captura extraída del vídeo *So You Wanna Make Games \ Episode 6: Character Animation* de Riot Games (2018)

Contexto:

En la animación lineal tradicional el contexto de cada acción animada está determinado por la escena en la que se desarrolla. Sin embargo, en los videojuegos las acciones y sus animaciones dependen de la ejecución del jugador. Su contexto está marcado por la cantidad de veces que puede ser repetida una animación, tanto en un mismo personaje como entre varios (Cooper, 2019).

La repetición marca el nivel de detalle que se le puede dar a la animación. Si solo se da en un personaje, la animación permite distinguirlo de otros mostrando su personalidad a través de sus movimientos (Riot Games, 2018).

Elegancia:

En este caso, Cooper se refiere a la efectividad de crear los sistemas de animaciones de un juego de forma que no haya más animaciones de las necesarias. Estos sistemas consisten en las mencionadas con anterioridad, máquinas de estados, que permiten combinar, superponer y cambiar animaciones entre sí (Cooper, 2019).

Un ejemplo se encuentra en la saga de *Assassin´s Creed* (Ubisoft, 2007). Para su mecánica de *parkour* resulta más eficiente estandarizar la altura de los objetos que se pueden saltar, que hacer diferentes animaciones de saltar a distintas alturas.

4.4.2. Animación 3D en los videojuegos

Michael McKinley en su libro *The Game Animator´s Guide to Maya*, junto con Cooper en su obra, muestran los rasgos técnicos propios de la animación 3D en videojuegos. Estas propiedades, vinculadas a las herramientas digitales utilizadas, se definen a continuación.

La animación 3D digital usada en los videojuegos se diferencia de la animación tradicional principalmente en el uso de la técnica del *keyframe*. Consiste en desglosar y animar el movimiento del personaje en poses o claves principales. El movimiento de las claves o fotogramas intermedios es calculado automáticamente por el programa utilizado, combinando entre los fotogramas principales, mediante una técnica llamada interpolación. Al contrario que en la animación tradicional, tanto 2D como 3D; donde todos los fotogramas, ya sean principales o intermedios, se realizan a mano (McKinley, 2006).

Al establecer diferentes claves en una animación, se forman unas curvas que las unen y representan el movimiento del personaje. La interpolación se puede modificar manipulando las tangentes que forman estas curvas, lo que permite crear diferentes transiciones de movimiento entre fotogramas en las animaciones (McKinley, 2006). Las tres principales son las siguientes:

- **Tangente Spline:** se utiliza para crear movimientos fluidos con interpolación, produciendo una unión suave, con aceleración y desaceleración, entre las claves de dos fotogramas (McKinley, 2006).

- **Tangente Lineal:** se utiliza para crear movimientos directos con interpolación, creando una línea recta entre las claves de dos fotogramas, sin aceleración y desaceleración del movimiento (McKinley, 2006).
- **Tangente Escalonada:** se utiliza para crear movimientos sin interpolación, de modo que la curva de una clave no cambia su valor hasta la siguiente clave en la animación (McKinley, 2006). La pose no cambia hasta el siguiente fotograma.

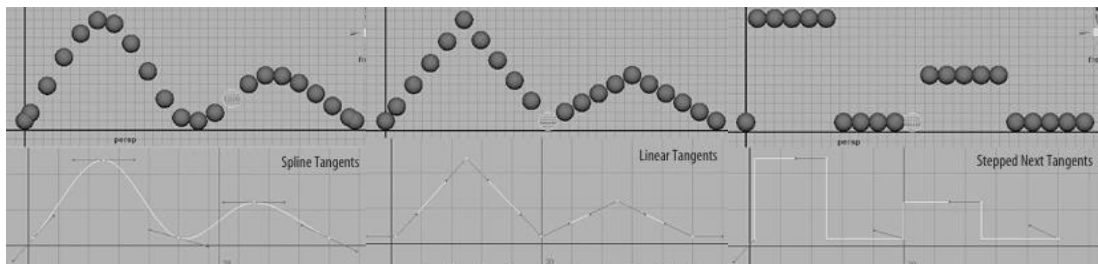


Figura 16 Capturas extraídas del libro *The Game Animator's Guide to Maya* de Michael McKinley (1° tangente spline, 2° tangente lineal, 3° tangente escalonada) (2006)

Este proceso de animación sigue el principio de *pose to pose*, contrario al *straight ahead* del *stop-motion*. Se anima desglosando el movimiento en claves, haciendo un primer prototipo general de la animación y luego refinando sobre estas claves mediante iteraciones. Estas claves suelen ser duplicadas, o incluso se crean librerías de poses y fotogramas para garantizar ciclos fluidos de animación y hacer más eficiente el proceso (Cooper, 2019).

Al igual que en el *stop-motion*, en los videojuegos 3D los personajes se encuentran vinculados a un esqueleto interno mediante un pesado o *skinning*. Los personajes 3D en videojuegos son un conjunto de vértices, aristas y caras, vinculados a los huesos del esqueleto mediante influencias representadas con colores, configurando el pesado o *skinning*. Estos huesos están relacionados entre sí de forma jerárquica y encadenada en su conjunto, donde la cadera es la raíz que dirige todo el esqueleto. A diferencia de las marionetas *stop-motion* descritas por Priebe, en las que el esqueleto está dividido en partes independientes formadas por cadenas de huesos. En el esqueleto de los personajes 3D en videojuegos, los huesos no se suelen manipular directamente, sino que se lleva a cabo una estructura de controladores externa al personaje llamada *rigging* (Cooper, 2019).

En cuanto al pesado de los personajes 3D en videojuegos, normalmente se hace de forma que un hueso pueda influir en varias partes del cuerpo en mayor o menor grado (Figura 17). Mientras que en *stop-motion*, cada cadena de huesos o extremidad funciona de forma independiente. Un ejemplo es el hueso de la clavícula. En *stop-motion*, el movimiento de la clavícula desplaza el torso y el brazo con ella, pero el movimiento del brazo no desplaza la clavícula y el torso. En los videojuegos, el movimiento de los brazos sí influye en el torso a través de la clavícula. (Cooper, 2019).

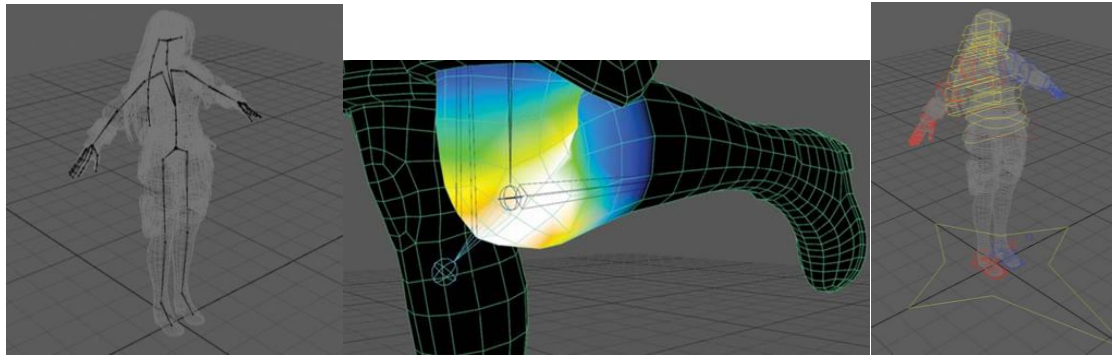


Figura 17 Capturas extraídas del libro *Game Anim: Video Game Animation Explained* de Jonathan Cooper (2019)

Cooper expone en su libro que es importante tener en cuenta la exportación de las animaciones del programa utilizado para ser implementadas al motor de juego. El primer aspecto que considerar, es el hecho de que independientemente del número de claves que tenga la animación, el motor de juego siempre interpola linealmente en tiempo de ejecución durante el juego. Por otro lado, si en el programa de animación se ha utilizado un *rigging* para animar, este no puede ser importado al motor (Unity Manual, 2024).

Por ello, una práctica común para mayor control de la animación es exportar las animaciones *bakeadas* en el formato FBX que leen los motores de juego. *Bakear* las animaciones consiste en que el programa traduce la animación del *rigging* al esqueleto y la interpolación establecida por el animador a claves. Con ello, se consigue pasar la animación del *rigging* al esqueleto, que sí puede ser importado en el motor de juego; y las animaciones con claves en todos los fotogramas con toda la edición de curvas e interpolación aplicadas, de forma que la interpolación que realiza el motor no modifica la realizada previamente por el animador. A continuación, se propone un ejemplo: si se toma una animación de andar que tiene 60 fotogramas con 20 claves de movimiento o poses del personaje, entre las que el programa interpola de forma lineal, spline o escalonada. Al *bakear* la animación, el programa traduce la interpolación configurada por el animador a claves o poses, exportándose una animación con 60 claves en lugar de 20, una por fotograma (Figura 18) (Unity Learn, 2020).

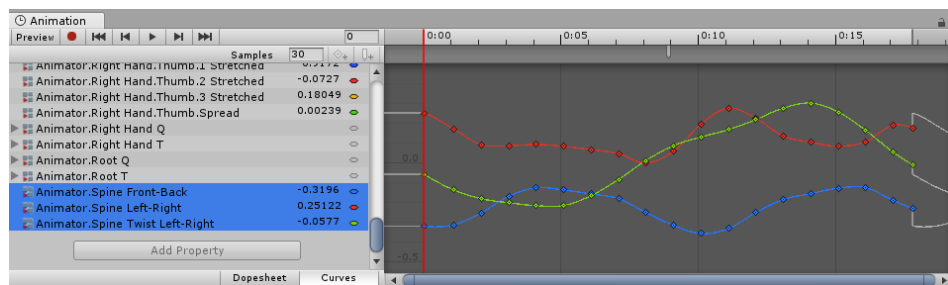


Figura 18 Captura extraída del Manual de Unity 2024

4.4.3. Metodología de la animación 3D en videojuegos

La animación en los videojuegos no cuenta con un proceso estandarizado, sino que varía en función del equipo y las necesidades del proyecto, buscando el método más eficiente en

tiempo, calidad y presupuesto. Sin embargo, se pueden observar una serie de pasos comunes en la labor que realiza un animador dentro del proceso creativo de un videojuego.

A continuación, se hará una descripción de estos pasos comunes, basados en el proceso de animación descrito por Jonathan Cooper en su libro *Game Anim: Video Game Animation Explained* (2019), y complementados con el proceso de animación descrito por Simon Urger para el videojuego *Dauntless* (Phoenix Labs, 2019).

1. **Diseño de personajes:** primero, los animadores colaboran con los *concept artist* en la elaboración de los personajes. Asegurando ropajes, articulaciones y siluetas que permitan reflejar, mediante poses claras, los movimientos de los personajes. Además, se establecen las acciones que realizarán en el videojuego, de las que dependerán las animaciones, así como un estilo de animación a seguir (Figura 19) (Cooper, 2019).



Figura 19 Captura extraída del libro *Game Anim: Video Game Animation Explained* de Jonathan Cooper (2019)

2. **Recopilación de referencias:** en esta fase, los animadores llevan a cabo una búsqueda de referencias que les ayude a dar forma a las animaciones. Estas referencias pueden ser desde grabaciones de las acciones a animar hasta *blocking* abocetados en 2D con las siluetas del personaje desglosando las poses clave del movimiento, similar a los *storyboards* usados en el *stop-motion* (Cooper, 2019).
3. **Creación del personaje:** en este paso, el equipo de artistas 3D o *character artists*, realiza el modelo del personaje. El animador, dependiendo del tamaño del equipo, realiza sobre este el *skinning* y *rigging*, y colabora con los *character artist* marcando los requerimientos que necesita el modelo de cara a la animación. Una vez con el modelo creado con su *skinning* y *rigging*, realiza pruebas de movimiento de forma iterativa. Su objetivo es comprobar la versatilidad del modelo, de forma que permita los movimientos requeridos para las animaciones diseñadas, evitando futuros problemas (Figura 20) (Cooper, 2019).

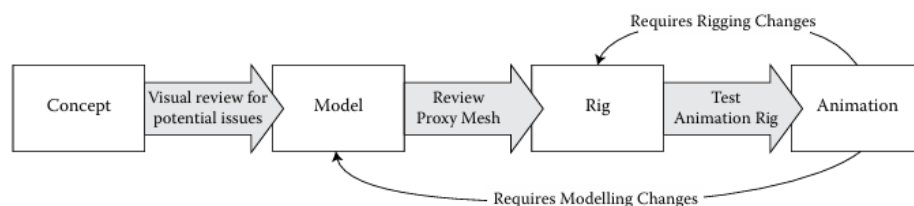


Figura 20 Captura extraída del libro *Game Anim: Video Game Animation Explained* de Jonathan Cooper (2019)

4. **Blocking:** completado el personaje, los animadores llevan a cabo una previsualización general de la animación, realizando las poses claves del movimiento que permitan su comprensión (Urger, 2017). Esta primera animación se prueba en el motor de juego para su funcionalidad de cara a posibles modificaciones en animación u otros aspectos del juego que influyan a otros departamentos (Figura 21) (Cooper, 2019).



Figura 21 Captura extraída del libro *Game Anim: Video Game Animation Explained* de Jonathan Cooper (2019)

5. **Animación de *in-betweens*:** tras validarse el *blocking*, se realiza la animación completa añadiendo las poses intermedias requeridas, estableciendo la interpolación necesaria y aplicando los principios de la animación vistos con anterioridad a las necesidades de cada animación. Estas animaciones vuelven a ser probadas en el motor de juego las veces necesarias (Urger, 2017).
6. **Pulido final:** en esta etapa, tras probar las animaciones y localizados los arreglos requeridos, los animadores realizan un pulido final sobre las animaciones realizadas en las fases anteriores, ajustando los principios vistos con anterioridad hasta lograr el máximo detalle de expresividad acorde al estilo de animación escogido (Urger, 2017).
7. **Implementación:** en esta última fase, las animaciones están finalizadas y listas para ser ejecutadas en el juego, configurando su exportación y las máquinas de estado para su funcionamiento en el motor (Cooper, 2019).

Durante el proceso de trabajo descrito, las animaciones son siempre realizadas sin desplazamiento del personaje en el espacio, ya que este se lleva a cabo en el motor por programación. Además, son probadas en el juego con los niveles en su estado inicial de arte, siendo todavía formas primitivas, nunca con el escenario final de juego. Esto es debido a que las animaciones pueden suponer un cambio en el diseño que tenga consecuencias en el arte de los escenarios. Un ejemplo se encuentra en la animación de saltar obstáculos del personaje. Se evitan problemas testeando la animación con objetos de prueba, por si se necesita cambiar su altura para la animación, que con objetos finales que ya no se pueden modificar, provocando que la animación difiera del diseño (Cooper, 2019).

Por último, Cooper destaca que, en el proceso de creación de las animaciones, primero se realizan aquellas que tienen implicación directa en el movimiento básico del personaje en el juego: idle, andar o correr, saltar y escalar. Su extensión dependerá de las acciones de desplazamiento que pueda realizar el personaje (Cooper, 2019).

4.4.4. Stop-motion en los videojuegos

En la historia del *stop-motion* como arte, se pueden encontrar algunos ejemplos en los que se produjo una unión con el mundo de los videojuegos. En 1996 Douglas TenNapel fundó una compañía que lanzaría dos videojuegos utilizando la técnica del *claymation*: *The Neverhood* (The Neverhood Inc, 1996) y *SkullMonkeys* (The Neverhood Inc, 1998). En 2015, TenNapel volvería a repetir lo realizado con *The Neverhood* pero con la compañía *Pencil Test Studios* para crear *Armikrog* (Figura 22). Estos juegos se realizaron utilizando el proceso y las técnicas tradicionales del *stop-motion*, implementando las animaciones en el videojuego mediante imagen y video.



Figura 22 Captura extraída del making of the Armikrog (GameSpot Trailers, 2015)

Próximos lanzamientos como *Harold Halibut* (Slow Bros, 2024) o *Vokabulantis* (WiredFly, 2024), continúan usando la forma tradicional de crear animación en *stop-motion*. La diferencia es que en estos casos las animaciones son implementadas en el videojuego a través de fotogrametría (Figura 23) (Ravn, 2021). En ninguno de los casos mencionados se ha encontrado la realización de animaciones *stop-motion* para videojuegos 3D haciendo uso de las técnicas, programas y metodología explicados con anterioridad en la industria del videojuego, como la técnica del *keyframe*.

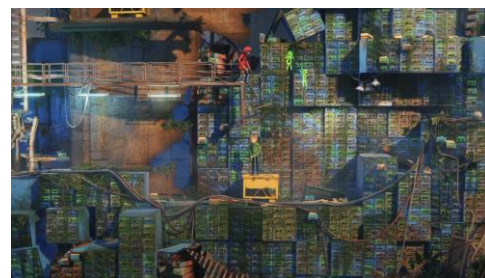


Figura 23 Captura extraída del making of the Vokabulantis (Esben Kjær Ravn, 2021)

Por otro lado, *Broken Age* (Double Fine, 2014) es el videojuego de aventura gráfica que utiliza una técnica y proceso de animación más parecido al *stop-motion* y al objetivo de este trabajo. Sus animaciones se realizaron recreando la técnica tradicional de los *flipbook*¹⁰, usando las metodologías y herramientas de la industria de los videojuegos, como el modelado, *rigging* o animación mediante *keyframe*.

¹⁰ Charles Solomon describe los *flipbook* como la encuadernación en orden de dibujos o imágenes secuenciales que al ser hojeadas parecen moverse (Solomon, 1994).

5. Marco teórico

Las bases obtenidas en el cuerpo teórico de este trabajo acerca de la animación *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos se utilizan para establecer los rasgos comunes que relacionan y hacen compatibles tanto ambas técnicas como sus procesos. Con ello, se asentarán las bases técnicas y metodológicas a seguir en las animaciones a realizar en el desarrollo de este trabajo. Así como estudiar el videojuego *Broken Age* como referencia, y definir el videojuego sobre el que se va a realizar el set de animaciones y su implementación.

5.1. Rasgos relacionales del stop-motion y la animación 3D en videojuegos

A partir de la investigación previa, se han recopilado los rasgos que determinan la animación *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos para realizar un estudio comparativo que permita determinar la relación entre ambos campos.

Se evalúan los elementos relacionados con la animación funcional de ambas técnicas en función de dos aspectos: especificaciones técnicas y especificaciones metodológicas. Para ello, se ha utilizado lo explicado previamente por Priebe en cuanto a *stop-motion* y Cooper en el campo de la animación 3D para videojuegos.

Tabla 1: Comparación de las especificaciones técnicas

	<i>Stop-motion</i>	Animación 3D en videojuegos
Formato	Medio lineal con animaciones secuenciales. No son repetidas ni requieren de bucles cíclicos.	Medio no lineal con animaciones cíclicas que se mezclan e intercambian en función de las acciones del jugador.
Frame rate	Movimiento quebrado animado a 12 FPS.	Movimiento fluido animado generalmente a 30 FPS para funcionar a 60 FPS.
Método	Animación secuencial realizada <i>straight ahead</i> , sin control sobre los fotogramas, margen de error y posibilidad de refinar o corregir el movimiento e iterar sobre él.	Animaciones independientes realizadas <i>pose to pose</i> , permitiendo mayor control, planificación e iteración para corregir errores.
Movimiento	Movimiento quebrado e imperfecto sin interpolación debido a su realización <i>straight ahead</i> a bajo <i>frame rate</i> y en un entorno físico.	Movimiento fluido debido a la interpolación realizada por los programas utilizados en la animación, así como por el motor de juego. Es posible evitar la interpolación gracias a las tangentes escalonadas.
Modelo del personaje	Marionetas tridimensionales con extremidades reemplazables sujetas al tronco del personaje, y un esqueleto interior manipulable a	Modelos tridimensionales con las partes del cuerpo relacionadas de forma jerarquizada para su movimiento, que poseen un esqueleto interno unido a las

	través de sujeciones externas para ser animado.	partes del cuerpo. Manipulables a través de un <i>rigging</i> o controladores externos, para ser animadas.
--	---	--

Tabla 2: Comparación de las especificaciones metodológicas

	<i>Stop-motion</i>	Animación 3D en videojuegos
Planificación	Requiere un diseño previo de los personajes y su movimiento mediante <i>storyboards</i> y <i>story reels</i> .	Requiere de recopilar referencias que sirvan para planificar las diferentes animaciones: <i>storyboards</i> , grabaciones, observación natural, etc.
Pruebas iniciales	Se realizan primeras muestras de los escenarios y las marionetas para probar su funcionamiento y corregir errores en la fabricación antes de comenzar a animar.	Antes de a animar se realizan pruebas de los personajes con el <i>skinning</i> y <i>rigging</i> realizados, para comprobar su versatilidad de acuerdo con las animaciones planificadas, hasta conseguir las funcionalidades deseadas.
Iteración	<p>Su técnica lineal de animación no permite iterar durante su realización, teniendo que repetirse toda la animación ante un fallo.</p> <p>Primero se realiza una animación básica de prueba en la que corregir problemas, para después llevar a cabo la final.</p>	<p>Proceso iterativo, en el que, gracias a las herramientas digitales utilizadas, cada fotograma es en todo momento accesible y editable, teniendo incluso librerías de poses del personaje.</p> <p>Una práctica general es realizar una animación básica que probar en el juego, sobre la que ir refinando y añadiendo fotogramas con cada prueba hasta conseguir la final.</p>
Dependencias	<p>El proceso de animación depende de las fases iniciales de fabricación de marionetas y escenarios, así como planificación de animaciones.</p> <p>En el momento de animar, los escenarios y marionetas son los finales que se verán en pantalla. Por ello, primero se hacen pruebas para evitar problemas al animar.</p>	<p>El proceso de animación es más efectivo y ágil con una buena planificación y creación previa de los personajes y sus animaciones.</p> <p>Estas se realizan y se prueban con los escenarios aún en su fase inicial de fabricación, pues las animaciones pueden suponer cambios en su arte y diseño. Mientras que los personajes se encuentran en su estado final de arte y funcionalidad al ser animados.</p>

A partir de este estudio comparativo del *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos, se han desarrollado los rasgos de realización de *stop-motion* para videojuegos 3D haciendo uso de las herramientas de la industria.

Rasgos técnicos para recrear la animación *stop-motion* en videojuegos 3D:

- **Frame rate:** según establece Cooper, la animación en videojuegos está condicionada a los 60 FPS a los que funciona el motor, pero el *stop-motion* se logra a 12 FPS como expresa Priebe. Para recrear la animación *stop-motion* en los videojuegos, el *frame rate* se debe establecer a 60 FPS, pero animando en “cincos”, es decir, se crean las claves de una pose cada 5 fotogramas y se mantiene la pose los 4 fotogramas siguientes. De este modo, se consigue el mismo resultado que animando a 12 FPS, como requiere el *stop-motion*, pero al *frame rate* del motor de los videojuegos.
- **Movimiento:** la animación quebrada del *stop-motion* de la que habla Purves no tiene la interpolación que Cooper explica como característica de los motores de videojuegos. Para evitar la interpolación y recrear el movimiento imperfecto del *stop-motion*, siguiendo lo descrito por McKinley, las tangentes en los fotogramas del personaje deben ser escalonadas y la animación se debe *bakear* al exportarse. De este modo, se logra una animación fotograma a fotograma, en la que el movimiento se produce en uno de cada seis *frames*, sin cambiar en las claves restantes, y limitando la interpolación realizada por el motor a una fracción mínima entre dos fotogramas. Siendo imperceptible para el ojo e impidiendo que se pierda el movimiento imperfecto y quebrado del *stop-motion*.
- **Método:** Priebe define la técnica *straight ahead* como un rasgo que aporta mayor imperfección al movimiento del *stop-motion*. Sin embargo, Cooper destaca la aplicación común de la técnica *pose to pose* en la animación 3D en videojuegos. Para combinar ambas técnicas y lograr un movimiento fiel al *stop-motion* en los videojuegos, se debe utilizar la técnica *pose to pose* durante las fases de prueba en la metodología para establecer las claves que componen la animación de forma ágil e iterativa, y en las fases finales realizar la animación completa y pulida *straight ahead*.
- **Modelo del personaje:** tanto las marionetas del *stop-motion* como los modelos 3D de los personajes en videojuegos constan de un cuerpo ligado a un esqueleto interno, manejado por el animador mediante controladores externos, tal como se muestra en las obras de Cooper y Priebe. Los modelos de los personajes animados en *stop-motion* para videojuegos, por lo tanto, también deben ser modelos 3D ligados a un esqueleto interno mediante el *skinning* y *rigging*. Además, cada extremidad debe tener una funcionalidad independiente entre sí y con el tronco, que como Priebe explica, sucede en el *stop-motion*.

Metodología propuesta de animación *stop-motion* en videojuegos 3D:

A partir de las metodologías de animación de Cooper y Priebe se ha desarrollado un método híbrido que recoja ambas y permita recrear la animación *stop-motion* en videojuegos 3D. Este proceso de animación se aplicará y desglosará en detalle durante el desarrollo.

1. **Planificación de personajes:** este primer paso recoge el proceso de planificación de los personajes y sus animaciones mediante recursos como *storyboards*. Realizado como primera fase en la metodología de animación *stop-motion* descrita por Priebe y la metodología de animación 3D en videojuegos definida por Cooper.
2. **Creación de personajes:** tras planificar los personajes y sus animaciones, en las metodologías descritas por Priebe y Cooper respectivamente, antes de comenzar a animar, el animador colabora con el equipo de *character artists* en la creación del modelo tridimensional de los personajes con su esqueleto y controladores externos. Su labor es fijar los requisitos necesarios para la técnica y estilo de animación buscados, de acuerdo con lo planificado en el paso anterior, que los *character artists* deben tener en cuanto al realizar el modelo de los personajes.
3. **Configuración de herramientas y prueba de los modelos 3D:** cómo se puede ver en la obra de Cooper, esta fase es fruto de la necesidad que se tiene en la creación de videojuegos de preparar el programa que van a utilizar antes de comenzar a animar, con las especificaciones de tiempo e interpolación requeridas por el estilo de animación buscado. El objetivo es poner a prueba los modelos finales de los personajes realizados en la fase anterior, y corregir errores antes de comenzar a animar. Pruebas que también se realizan en la animación *stop-motion* según describe Priebe en su metodología.
4. **Fases de animación:** tanto en la metodología *stop-motion* de Priebe como en el método de animación 3D en videojuegos de Cooper, se distinguen tres fases en el proceso de realización de las animaciones de los personajes:
 - Blocking: combina la primera etapa de animación 3D en videojuegos de Cooper con el *story reel* realizado en la metodología *stop-motion* de Priebe. Se desarrolla una animación general con poses clave que poder probar en el motor de juego, ya que este trabajo está destinado a funcionar en videojuegos. Para ello, se aprovecha la técnica *pose to pose* de la animación en videojuegos que permite un prototipado más ágil como demuestra Cooper.
 - Animación de *in-betweens*: combina la segunda etapa del proceso de animación 3D en videojuegos de Cooper, con la primera grabación de las poses clave de las marionetas realizada en la metodología *stop-motion* de Priebe. En ambos casos, el objetivo es corregir errores y lograr establecer las poses finales que componen la animación aplicando los principios de la animación, haciendo uso de la técnica *pose to pose* para un prototipado ágil.

Este trabajo está destinado al ámbito de los videojuegos, por lo que también se realiza una prueba en el motor como describe Cooper en su metodología.

- Animación final: combina el pulido final de los principios de la animación realizado en la metodología de animación 3D en videojuegos de Cooper, con la realización final de la animación *straight ahead* en la metodología del *stop-motion* descrita por Priebe. Consiste en realizar en el programa digital, la animación con todas las poses pulidas *straight ahead* en lugar de *pose to pose*.

5. Implementación en el motor: el objetivo de este proyecto es implementar animaciones *stop-motion* funcionales en un motor de juego. Por lo que, en lugar de realizarse el paso final de postproducción de la metodología *stop-motion* descrita por Priebe, se lleva a cabo la implementación de las animaciones en la máquina de estados del motor de juego como explica Cooper.

5.2. Estudio de obras referentes

A continuación, se analiza el videojuego *Broken Age* de Double Fine como referente de un videojuego que recrea una técnica de animación tradicional, similar al *stop-motion*, utilizando las herramientas de los videojuegos. Se estudiará a la luz de los elementos descubiertos en la investigación teórica, principalmente de los autores Priebe y Cooper, extrayéndose técnicas y procesos que se puedan extrapolar en el desarrollo a los propios objetivos de este trabajo.

Broken Age es un videojuego desarrollado por Double Fine en 2014 en el motor de juego Unity. Raymond Crook, animador en *Broken Age*, en su conferencia en la GDC, muestra que el objetivo del equipo era recrear la animación tradicional de los *flipbook* haciendo uso de un proceso que fuera compatible con las herramientas de la industria de los videojuegos: modelado, *rigging*, animación e implementación en el motor (Crook, 2015).

Para ello, crearon personajes tridimensionales formados por planos 2D que iban moviendo, mostrando y ocultando al animar mediante un esqueleto interno con su *skinning* y *rigging* (Figura 24). La técnica recuerda a las marionetas “enchufables” del *stop-motion* que describe Priebe, en las que cada parte del cuerpo funciona de forma independiente, aunque estén unidas al mismo esqueleto interno, manteniendo la relación jerárquica de los videojuegos.

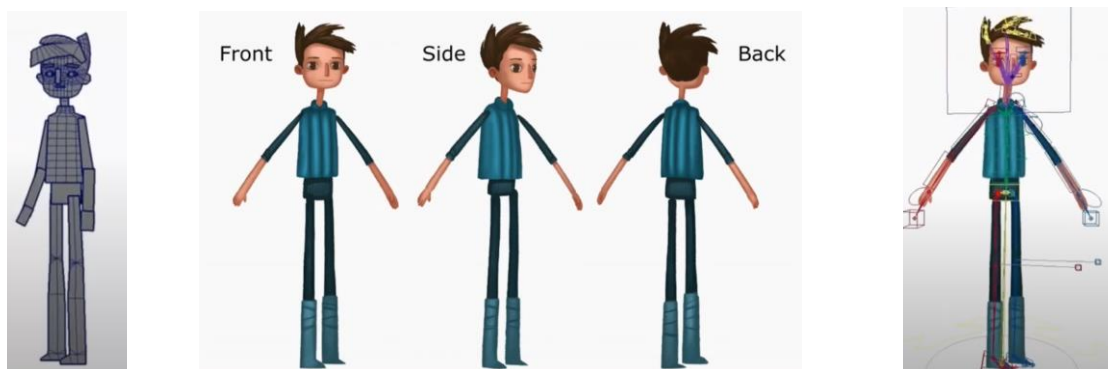


Figura 24 Captura extraída de la conferencia de la GDC: Animation Style and Process for Broken Age (2015)

Crook explica que buscaban reflejar en las animaciones las irregularidades que ocurren cuando se pasa manualmente de una hoja a otra en los *flipbook*, algo parecido al movimiento quebrado del *stop-motion* que define Purves. Sin embargo, al mismo tiempo, debían permitir una interacción fluida del jugador, con animaciones cíclicas en un motor que interpola y funciona a 60 FPS, tal y como explica Cooper en su obra.

Para lograrlo, debido a la interpolación realizada por el motor de juego, configuraron el *frame rate* a los 60 FPS del motor, realizando las animaciones a 15 FPS para lograr el movimiento irregular que buscaban. *Frame rate* que recuerda a los 12 FPS utilizados en el *stop-motion* según Priebe. Con ello, evitaron el efecto de vibración que ocurría al interpolar el motor las animaciones a 15 FPS, y que sacaba al jugador de la experiencia de juego, sin perder la técnica de animación buscada (Crook, 2015).

Crook no especifica si animaron *straight ahead* o *pose to pose*, pero sí la metodología descrita por Cooper y Urger con las fases de *blocking*, animación de *in-betweens* y pulido final. Pudiéndose interpretar dos cosas. Por un lado, podrían haber animado *straight ahead* usando el proceso de *stop-motion* descrito por Priebe: realizando una animación general para probar los personajes y sus esqueletos, para luego hacer la animación final. O bien, que consiguieron recrear una técnica tradicional de animación *straight ahead* utilizando la metodología de los videojuegos y la técnica *pose to pose*, sin perder el movimiento buscado.

5.3. Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King

Una vez definida la metodología híbrida y estudiados algunos referentes, se procede a analizar el videojuego que contiene el personaje que se pretende adaptar, *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*.

Esta obra es un videojuego de plataformas 2D, scroll lateral y estética pixel art desarrollado por TOSE en 2005 para la *GameBoy Advanced* (Figura 25). Su objetivo es contar los hechos ocurridos antes de la película, *The Nightmare Before Christmas*, que narran el enfrentamiento entre Jack y Oogie Boogie por ser el rey de *Halloween*.



Figura 25 Captura extraída del juego *Nightmare Before Christmas: The Pumpking King* (TOSE, 2005)

Las animaciones *stop-motion* para Jack Skellington se van a desarrollar e implementar para lo que sería una adaptación 3D de esta obra. Se pretende mantener sin cambios el diseño y

la jugabilidad mientras que su representación pasa de ser 2D a 3D. La diferencia, y aportación de este trabajo, es la utilización de la animación *stop-motion* en lugar de píxel art 2D.

En el juego original de TOSE el movimiento de sus personajes se realiza mediante la técnica tradicional de animación 2D. Se emplea el estilo píxel art, esto es, la realización de ilustraciones mediante píxeles en lugar de líneas; para trazar cada fotograma de la animación que posteriormente se reproduce de forma secuencial en el motor de juego. En este trabajo, esta técnica tradicional de animación por fotogramas se sustituirá por la técnica *stop-motion*, mediante la recreación de su resultado visual de movimiento en el videojuego.

Para ello, se realizarán las animaciones que tienen una implicación directa en el movimiento básico del personaje, como primeras animaciones a realizar en cualquier videojuego según Cooper. En el caso del videojuego escogido, el set de animaciones de desplazamiento de Jack Skellington consta de idle, correr, saltar, andar agachado y escalar.

6. Desarrollo

Tras delimitar los métodos y especificaciones que van a ser utilizadas a partir de la investigación previa, se va a llevar a cabo la realización e implementación funcional de las animaciones *stop-motion* de desplazamiento del personaje Jack Skellington para el videojuego 3D *The Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*, siguiendo y detallando paso a paso la metodología desarrollada en el cuerpo teórico de este trabajo.

6.1. Planificación del personaje

Según dice Chris Pallant, la manera en la que el jugador se sumerja en el videojuego *The Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*, está vinculada a las animaciones de su personaje jugable, Jack Skellington. Es el puente entre el jugador, la historia y la experiencia de juego, por lo que sus animaciones son fundamentales en la conexión y comunicación con el jugador.

6.1.1. Diseño del personaje

Siguiendo lo expresado por Priebe, primero se ha establecido la *performance* o diseño de Jack Skellington, detallándose su aspecto y personalidad para definir su movimiento. Basándose en palabras de Cooper, para facilitar la labor de comunicación de la animación, la figura del personaje se ha diseñado de forma que sea sencilla, clara y con una silueta sólida que permita movimientos que reflejen el carácter del personaje y sean legibles al jugador.

El estudio previo del videojuego objetivo de este trabajo y el libro de Thompson sobre la obra filmográfica de Tim Burton, se han utilizado para definir a Jack Skellington en apariencia y personalidad:

- **Apariencia:** esqueleto esbelto, alto y delgado, vestido con un traje de cola con rayas negras y blancas que lleva un murciélago como pajarita; cuya apariencia refleja un ser elegante y con seguridad en sí mismo.
- **Personalidad:** personaje atento y amable, pero melancólico, ya que nunca muestra exteriormente lo que siente en su interior.

Ambos aspectos se muestran a través de movimientos elegantes, poco rígidos y decididos. Sin llegar a ser rápidos como en una persona nerviosa, o muy lentos como en una persona deprimida, aunque sí amplios debido a su altura y forma física.

Siguiendo las palabras de Cooper, para facilitar la creación del *storyboard* y la posterior creación del modelo 3D, se ha realizado una referencia 2D del personaje (Figura 26), que busca cumplir con las características de la forma en que se mueve Jack, descritas previamente. Aunque la labor de diseño de personaje a nivel visual es labor de los *concept artists* con la colaboración del animador como describe Cooper, en este trabajo al ser de elaboración propia sin un equipo detrás, se toma como modelo los *concept art* realizados para la película *The Nightmare Before Christmas* que Thompson incluye en su libro adaptándolos a este trabajo.

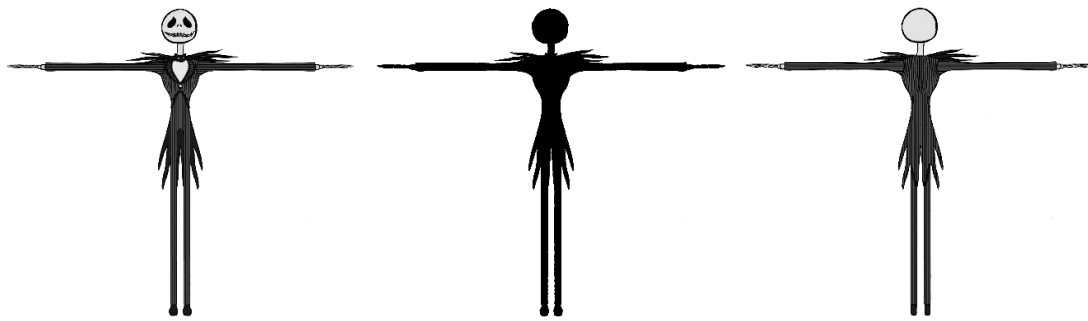


Figura 26 Representación 2D del diseño de Jack Skellington. Elaboración propia.

6.1.2. Diseño de las animaciones y *storyboard*

Cooper establece que las primeras animaciones de un personaje jugable en realizarse son aquellas acciones mínimas que permiten al jugador moverse por el escenario. Siguiendo sus indicaciones, en este trabajo se va a desarrollar el set de animaciones de desplazamiento de Jack Skellington. Su diseño se ha basado en el de personaje realizado en el paso anterior y en el estudio previo de las acciones de movimiento del personaje en el juego original de TOSE.

De acuerdo con la búsqueda de referencias que describe Cooper, se han diseñado y planificado las animaciones que componen el set con un *storyboard*, similar al que Priebe describe que se utiliza en el *stop-motion*, en el que se desglosan sus poses principales.

A continuación, se describe la planificación realizada en la que se utiliza la silueta del personaje desde la perspectiva de la cámara del juego y con el prototipo del escenario, para obtener una visualización de cómo se tendría que ver el movimiento dentro del juego.

- **Idle:** acción de respiración realizada por el personaje cuando está quieto, utilizada para mostrar su personalidad (Figura 27).

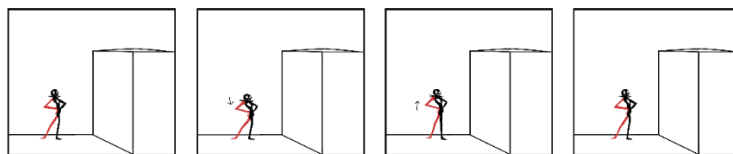


Figura 27 Storyboard de la animación de idle. Elaboración propia.

- **Correr:** acción que ocurre desde el idle y es la más utilizada por el jugador, ya que se produce cada vez que se desplaza por el escenario, requiriéndose un movimiento cíclico con máximo pulido y fluidez. (Figura 28).

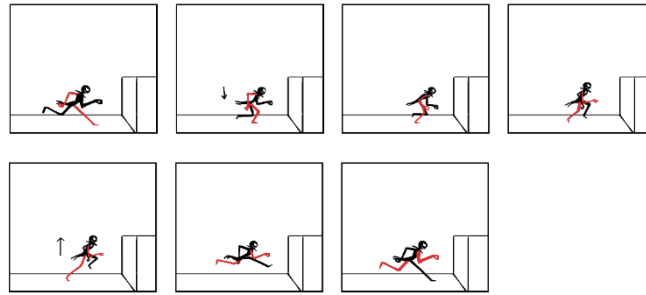


Figura 28 Storyboard de la animación de correr. Elaboración propia.

- **Saltar y Escalar:** dos acciones distintas pero relacionadas. La primera es la que más se repite en un juego de plataformas, como en este caso, ya que ocurre cada vez que el personaje debe evitar obstáculos o subir a plataformas. La segunda, ocurre desde la animación de saltar, en el momento en que la altura a sobrepasar es demasiado alta, por lo que el personaje debe sujetarse y subirla (Figura 29).

Ambas animaciones se realizarán teniendo en cuenta la altura de las plataformas en el juego. Para cumplir con el principio de elegancia de Cooper y no hacer animaciones distintas en función de la altura, se establecen dos tipos de obstáculos: uno con altura suficiente para ser saltado, y otro con una altura un poco superior que supondrá realizar la animación de saltar y después de escalar para sobrepasar el obstáculo.

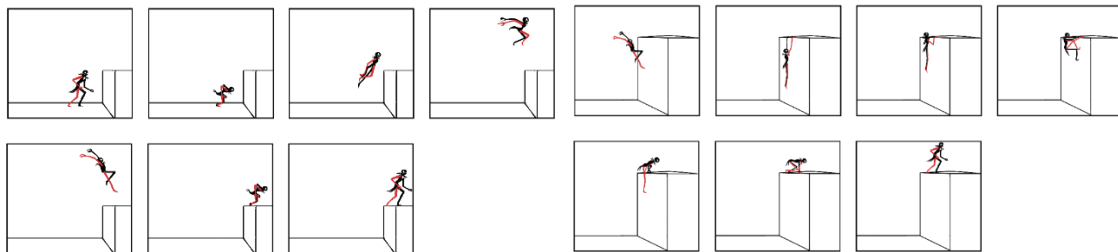


Figura 29 Storyboard de las animaciones de saltar y escalar. Elaboración propia.

- **Andar agachado:** además de saltar obstáculos Jack Skellington realiza la acción de andar agachado para pasar por debajo de obstáculos de movimiento (Figura 30).

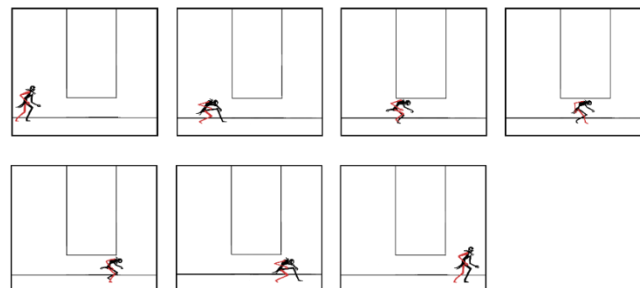


Figura 30 Storyboard de la animación de andar agachado. Elaboración propia.

6.2. Creación del personaje

Combinando las especificaciones requeridas por el diseño del personaje y la planificación de sus animaciones, se ha realizado el modelo 3D del personaje, junto con su esqueleto, su pesado y sus controladores (*skinning* y *rigging*), para ser animado.

El modelo del personaje en los videojuegos, según la metodología descrita por Cooper, es labor del equipo de *character artists* con la colaboración del animador para que se tengan en cuenta los requisitos necesarios para la animación en la creación del modelo del personaje. Al igual, que, dependiendo del tamaño del equipo, la realización del *skinning* y *rigging* del personaje es realizada por el animador o no. No obstante, al final el animador es quien recibe el modelo final del personaje para probar su funcionalidad y animar sobre él. Sin embargo, al ser este trabajo de elaboración propia y no contar con un equipo de arte, se ha realizado el modelo del personaje para mostrar los requerimientos que el animador precisaría a los *character artista*, en este caso para recrear el resultado visual de movimiento de la animación *stop-motion*. Pero, sin incluir la elaboración de aspectos propios de otros departamentos, es decir, de los *character artists*, como las texturas. Aspectos que Cooper no incluye en su metodología ya que está dirigida a mostrar los pasos a seguir por el animador en un proceso de animación 3D.

6.2.1. Modelado

El modelo 3D del personaje hace las funciones de la marioneta que Priebe explica se utiliza en la animación *stop-motion*. Además de ser la conexión directa entre jugador y personaje en el videojuego, tal y como expresa Chris Pallant.

Partiendo del diseño de marionetas *stop-motion* de Purves, el modelo se ha realizado en el programa de modelado 3D Maya, componiéndose de seis partes separadas e independientes entre sí: cabeza, tronco, pierna derecha, pierna izquierda, brazo derecho y brazo izquierdo; separando también las manos y los dedos (Figura 31). Al mismo tiempo, siguiendo lo mostrado por Cooper, todas las piezas del cuerpo se encuentran dentro de un mismo grupo que conforma el cuerpo en su totalidad, lográndose un personaje en partes que funciona como una unidad.

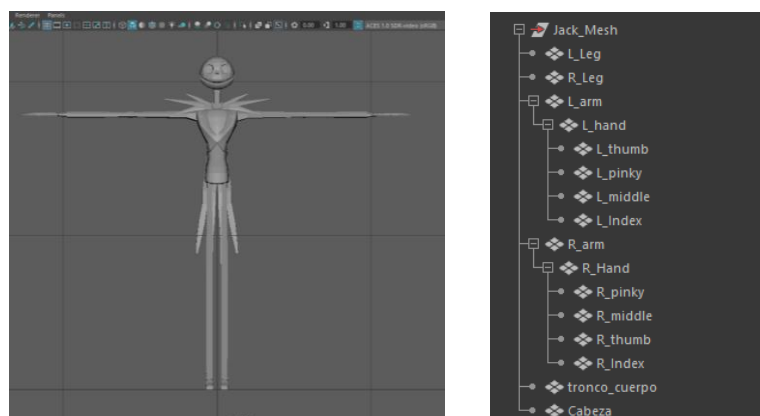


Figura 31 Modelo 3D de Jack Skellington. Elaboración propia.

6.2.2. Skinning

Siguiendo las características de los esqueletos para marionetas *stop-motion* descritas por Purves, junto con los rasgos de los esqueletos para personajes 3D en videojuegos explicados por Cooper, se ha realizado un esqueleto interno al modelo que permita su movimiento.

En la herramienta de animación digital utilizada cada hueso se compone de tres piezas, dos extremos que funcionan de articulaciones y el hueso central. Similar a los esqueletos “enchufables” descritos por Priebe para las marionetas *stop-motion*, que cuentan con piezas que unen los huesos entre sí, a modo de articulaciones.

El esqueleto que se ha creado para Jack Skellington (Figura 32) se compone de las siguientes articulaciones: pelvis, 3 vértebras, clavícula, cuello, cabeza, hombros, codos, muñecas, 4 dedos en cada mano, fémur, rodilla y tobillo. Estos huesos tienen un movimiento encadenado, de forma que el movimiento de un hueso afecta al de aquellos que tiene por debajo en la cadena, siendo la pelvis la raíz que mueve todo el cuerpo, como explica Cooper.

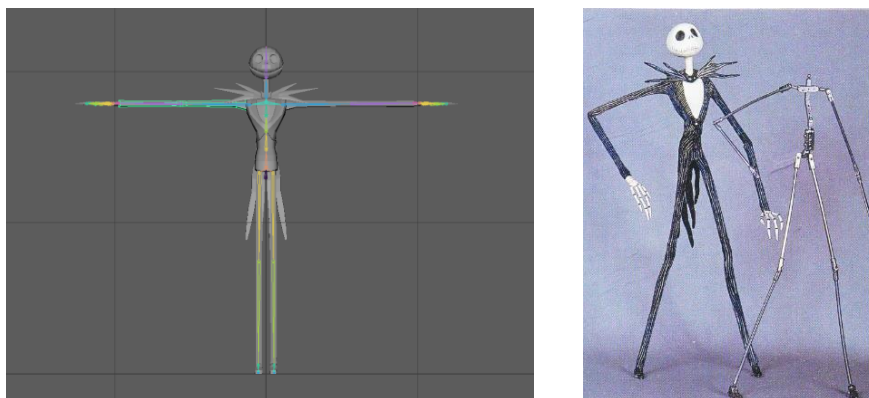


Figura 32 Esqueleto 3D de Jack Skellington de elaboración propia, comparado al esqueleto de la marioneta usada para la película *The Nightmare Before Christmas*.

Priebe describe que los esqueletos de las marionetas *stop-motion* se encuentran divididos en partes formadas por cadenas de huesos que funcionan de forma independiente entre ellas. Sin embargo, el esqueleto desarrollado a partir de las explicaciones de Cooper contiene todos sus huesos encadenados entre sí, en lugar de formar grupos independientes. Para lograr esta particularidad de las marionetas *stop-motion*, el *skinning* o vinculación del modelo 3D al esqueleto, se ha realizado de forma que se formen partes del cuerpo con cadenas de huesos independientes entre sí, de la siguiente manera:

- Los modelo del tronco y el cuello se ha ligado a la cadena de huesos formada por: pelvis, vértebras, clavícula y cuello.
- El modelo de cada brazo se ha vinculado a la cadena de huesos formada por: hombro, codo y muñeca. Siendo la muñeca el hueso que dirige el movimiento de la cadena.
- El modelo de las manos y los dedos se ha vinculado a la cadena de huesos formada por la muñeca, las manos y los dedos, de forma que su movimiento no afecte al brazo.
- El modelo de las piernas y los pies se ha ligado a la cadena de huesos formada por: fémur, rodilla y tobillo. Siendo el tobillo el hueso que dirige el movimiento de la cadena.
- El modelo de la cabeza se ha ligado al hueso de la cabeza, con movimiento independiente del tronco y el cuello.

Esto permite, por un lado, conseguir dividir el cuerpo en partes independientes entre sí, como ocurre en el *stop-motion* según Priebe; y, por otro lado, asegurarse que, al mover un hueso, se muevan aquellos que dependen de él según las cadenas establecidas, como establece Cooper que ocurre en la animación 3D en videojuegos. Por ejemplo, al mover la clavícula, se mueven el tronco y los brazos, pero al mover los brazos no se mueve la clavícula; o al mover el cuello se mueve la cabeza, pero no se mueve el cuello al mover la cabeza.

6.2.3. Rigging

Para terminar la creación del personaje 3D con las especificaciones necesarias para ser animado en *stop-motion*, se ha seguido la característica común a la animación 3D en videojuegos y el *stop-motion*, descrita por Cooper y Priebe respectivamente. Se ha realizado el *rigging* del personaje, es decir, la elaboración de controladores externos al esqueleto para manipular los huesos.

Para lo cual, se han implementado piezas externas al modelo y su esqueleto que permitan su movimiento sin manipular directamente sus componentes. Estas piezas o controladores se han ligado a los huesos que dirigen las cadenas que forman cada parte independiente del cuerpo, así como, en algunos casos, a huesos concretos de estas cadenas para lograr mayor capacidad de movimiento del personaje:

- Controlador principal para mover el personaje completo.
- Controlador para mover el hueso de la pelvis.
- Controlador para mover cada vértebra de la columna.
- Controlador para mover el cuello y la cabeza respectivamente.
- Controlador para mover la muñeca, y con ella el brazo entero.
- Controlador para mover cada uno de los dedos de la mano.
- Controlador para mover el tobillo, y con él la pierna entera.

De esta manera, se ha conseguido un personaje completo preparado para ser animado (Figura 33), con una maquinaria que permite su movimiento de forma encadenada. En la que los controladores manejan los huesos del cuerpo y estos, a su vez, se dividen en cadenas que dirigen el movimiento de partes concretas del modelo.

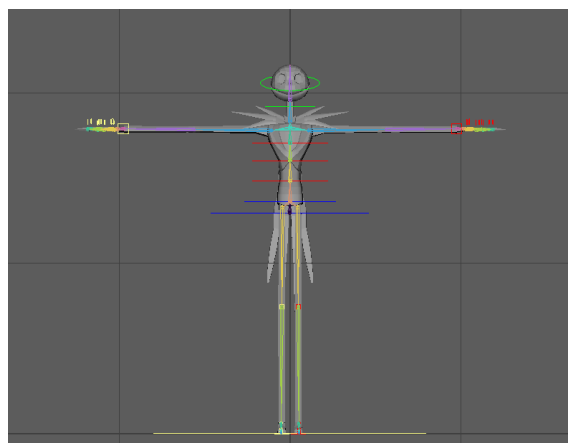


Figura 33 Personaje 3D completo con skinning y rigging. Elaboración propia..

6.3. Configuración de herramientas y prueba del modelo 3D

Antes de comenzar a animar se ha llevado a cabo la configuración del programa de Autodesk Maya, utilizado en este proyecto para el modelado, *skinning* y *rigging* del personaje, así como durante el proceso completo de animación. Se establecen de antemano el *frame rate* y la interpolación que marcan las animaciones a realizar en *stop-motion*. Generándose un entorno listo en el que poder realizar pruebas del modelo creado para corregir errores antes de animar, tal y como muestra Cooper en su obra.

Priebe establece que la animación *stop-motion* se logra a 12 FPS sin la interpolación que los motores de videojuegos realizan de forma automática, como define Cooper en su libro. Por ello, en el programa de animación digital que se utiliza en este proyecto, se han definido las siguientes características necesarias para animar en *stop-motion* para videojuegos 3D:

- El *frame rate* se ha establecido a los 60 FPS (Figura 34), en los que funcionan los motores de videojuegos como expresa Cooper en su libro. Las animaciones se realizarán posteriormente con una pose o clave, cada 5 *frames*. Esto permite animar a los 12 FPS que requiere el *stop-motion* al *frame rate* del motor de juego.

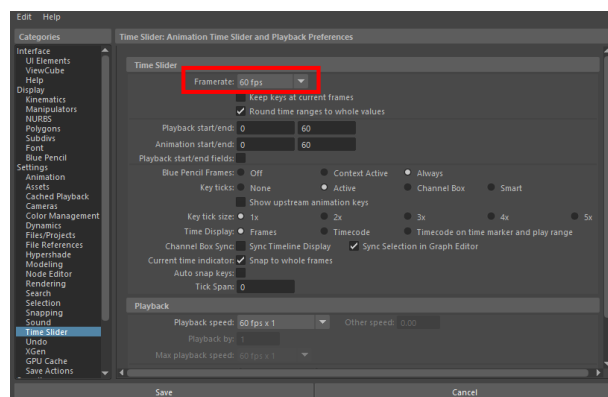


Figura 34 Configuración del *frame rate* en el programa Autodesk Maya.

- Para recrear el movimiento irregular y quebrado que Purves establece como característico de la animación *stop-motion*, es necesario que la transición entre una pose y otra del personaje sea directa. Es decir, que no se produzca la interpolación característica de los programas de animación digital, que genera un movimiento fluido. Partiendo de las explicaciones de McKinley sobre las tangentes de las curvas generadas entre poses, esta función la realizan las tangentes escalonadas. Por lo que, en la ventana de configuración de animación de Maya, se ha establecido que las tangentes de las poses o claves sean escalonadas (Figura 35).

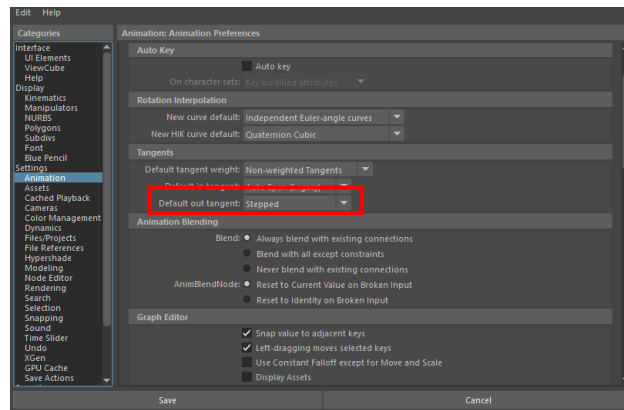


Figura 35 Configuración de las tangentes de animación en el programa Autodesk Maya.

Con ello, al exportar la animación *bakeada* explicada más adelante, se consigue engañar al motor implementando una animación a 60 FPS animada realmente a 12 FPS, en lugar de implementarla directamente a 12 FPS para funcionar a 60 FPS. Todos los fotogramas contienen una clave, pero el movimiento se produce solo una cada seis claves, por lo que la interpolación que realiza el motor es imperceptible y no se pierde el movimiento quebrado que se busca en el *stop-motion*.

Una vez realizada la configuración, se ha probado la versatilidad del *skinning* y *rigging* realizados en el personaje, desplazando cada controlador hasta su límite con el objetivo de comprobar si es posible realizar los movimientos de las animaciones diseñadas. El resultado favorable no requirió que se modificara el *skinning* o *rigging*. Si no hubiera sido así, se tendrían que haber modificado de acorde a los buscado en las animaciones, cumpliendo con el proceso iterativo que muestra Cooper en la metodología de creación de un personaje 3D en videojuegos para ser animado.

6.4. Fases de animación

Siguiendo con la metodología desarrollada en el cuerpo teórico del trabajo, una vez creado el modelo 3D del personaje, establecida la configuración necesaria para lograr una animación *stop-motion* y probada la versatilidad del modelo; se comienza el proceso de animación del set de desplazamiento de Jack Skellington a través de las siguientes fases.

Se debe tener en cuenta, que todas las animaciones se han realizado sin desplazamiento según establece Cooper, ya que este es desarrollado en el código del motor de juego por el departamento de programación.

6.4.1. Blocking

En esta primera fase, se ha seguido la metodología desarrollada en el cuerpo teórico del trabajo, basada tanto en el proceso de animación *stop-motion* que describe Priebe como en el de animación 3D en videojuegos que muestran Urger, Cooper o los animadores de *Broken Age*. Se realiza una previsualización de cada una de las animaciones del set de desplazamiento de Jack Skellington a partir de las poses desglosadas en el *storyboard*.

Estableciendo el tiempo de duración de la animación y la distancia entre poses, pero sin aplicar los principios de la animación descritos por Cooper y Priebe.

Cada *blocking* se ha llevado a cabo con una pose cada 5 *frames* para lograr la animación a 12 FPS. Aunque el método seguido en el *stop-motion* es animar *straight ahead*, durante esta primera fase se ha utilizado el método *pose to pose*. La razón es que al tratarse de una fase de prototipado y no de animación final, debe resultar rápido, fácil y eficiente visualizar y corregir errores editando las claves existentes y no repitiendo toda la animación. Pudiéndose hacer uso de la duplicación de poses para mayor agilidad en el proceso.

Idle:

Se ha realizado una respiración que consta de 4 poses: reposo, inspirar (bajar la cadera), espirar (subir la cadera) y vuelta a reposo. En las poses en que se baja o sube la cadera, esta se mueve hacia derecha o izquierda para otorgar expresividad y personalidad al movimiento.

Esta animación tiene un aspecto cíclico debido a su realización constante ante la inactividad del jugador, tal y como explica Cooper que ocurre en los videojuegos. Para ello, la serie de 4 poses se repite 2 veces, la primera del *frame* 0 al 30 y la segunda del 30 al 60. Las poses se han colocado cada 10 *frames*, en lugar de la distancia mínima de 5 *frames* establecida para realizar *stop-motion* (Figura 36¹¹). Esto es debido a que, al contar esta animación con tan pocas poses, si están son colocadas más cerca la animación se reproduce muy deprisa, no dejando tiempo para visualizar el movimiento y posibles errores.

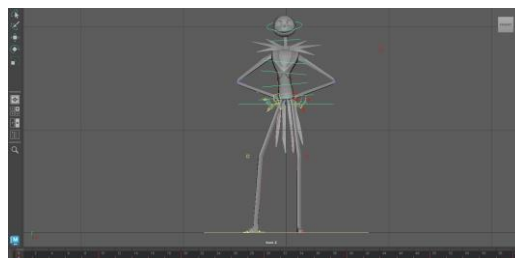


Figura 36 *Blocking* de la animación de *Idle*. Elaboración propia.

Correr:

Consta de 7 poses para cada paso realizado, es decir, 7 para la zancada con la pierna derecha y 7 para la zancada con la pierna izquierda. Al ser la acción principal del personaje que más se repite en el videojuego como establece Cooper, debe ser una animación cíclica. Para ello, la animación consta de 60 fotogramas, con los 5 *frames* mínimos entre poses para recrear los 12 FPS de la animación *stop-motion* que define Priebe. Las 7 poses de la zancada derecha van del *frame* 0 al 30, y las 7 poses de la zancada izquierda, del *frame* 30 al 60 (Figura 37¹²).

¹¹ Ver Anexo 1 para visualizar el *blocking* de la animación de *idle*.

¹² Ver Anexo 1 para visualizar el *blocking* de la animación de correr.



Figura 37 Blocking de la animación de correr. Elaboración propia.

Saltar:

Se compone de 7 poses: reposo, preparación del salto (agachado), despegue, salto en el aire, caída, recepción (igual que la preparación) y reposo. Al contrario que el idle o correr, se realiza únicamente en el momento en que el jugador realiza la acción de saltar, por lo que la animación no es cíclica. Las poses de reposo al inicio y final de la animación que se desarrollaron en el *storyboard*, se han realizado no con el fin de lograr una animación cíclica, sino de que la transición con otras animaciones se note menos en el motor.

La animación consta de 65 *frames*, variando la distancia entre poses entre 5 y 10 fotogramas para lograr natural, no mecánico, con cambios de ritmo como describe Priebe (Figura 38¹³).

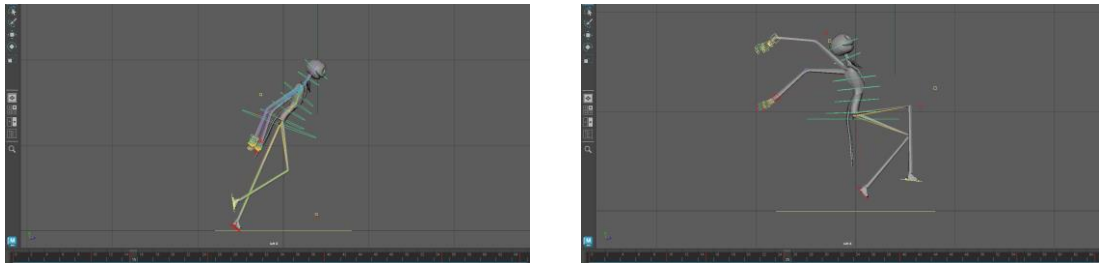


Figura 38 Blocking de la animación de saltar. Elaboración propia.

Andar agachado:

Consta de 4 poses para cada paso realizado, es decir, 4 para la zancada con la pierna derecha y 4 para la zancada con la pierna izquierda. Esta acción sucede cada vez que el jugador tenga que andar bajo una superficie, por lo que es necesario que la animación sea cíclica, tal y como describe Cooper. Para ello, consta de 60 *frames*, con las 4 poses de la zancada izquierda del *frame* 0 al 30 y las 4 poses de la zancada derecha del 30 al 60. Las poses se establecen con 10 fotogramas de diferencia entre sí en lugar de los 5 mínimos para lograr los 12 FPS del *stop-motion*, ya que sino el reducido número de poses no dejaría tiempo para visualizar el movimiento y posibles errores en la animación (Figura 39¹⁴).

¹³ Ver Anexo 1 para visualizar el *blocking* de la animación de saltar.

¹⁴ Ver Anexo 1 para visualizar el *blocking* de la animación de andar agachado.

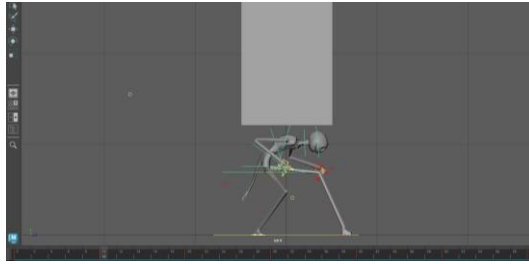


Figura 39 Blocking de la animación de andar agachado. Elaboración propia.

Escalar:

Su transición sucede desde la animación de saltar en un momento concreto, al tener que superar un obstáculo mayor a la capacidad de salto del personaje, por lo que no es una animación cíclica. Se compone de 7 poses, siendo la inicial la posición de salto en el aire de la animación de saltar, para que la transición desde esta sea realista. Por otro lado, la pose final es la de reposo para que la transición de vuelta al idle u otras animaciones no sea tan notable (Figura 40¹⁵).

Al no ser un movimiento muy largo con muchas poses, la animación se realiza en 45 fotogramas, con variación en el espacio entre poses para otorgar ritmo al movimiento. Aunque siempre cumpliendo con el mínimo de 5 *frames* para recrear los 12 FPS del *stop-motion* definidos por Priebe.

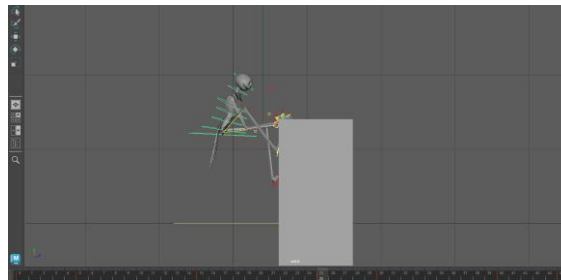


Figura 40 Blocking de la animación de escalar. Elaboración propia.

Prueba en el motor¹⁶:

Basándose en la metodología de Cooper, estas previsualizaciones se exportaron al motor de videojuegos, en este caso Unity, para probar el funcionamiento de las animaciones en el medio objetivo de este trabajo. Se buscaba no solo probar las animaciones de forma independiente sino también la combinación entre ellas, de forma que pudieran encontrarse posibles errores en ese ámbito.

¹⁵ Ver Anexo 1 para visualizar el *blocking* de la animación de escalar.

¹⁶ Ver Anexo 1 para visualizar la prueba en el motor del *blocking* de las animaciones.

En primer lugar, se configuró la exportación de las animaciones que se mantendrá a lo largo de pruebas posteriores y la implementación final. Seleccionando el esqueleto y el modelo del personaje, se *bakean* las animaciones desde el panel *Edit* de Maya, traducándose la animación del *rigging* y la interpolación escalonada, en claves para cada fotograma vinculados al esqueleto.

De este modo, como establece Cooper, la animación no cuenta solo con las claves animadas, sino que contiene claves en todos los *frames*. Limitando la interpolación automática del motor a un fotograma de cada seis y evitando perder el movimiento *stop-motion* buscado.

Una vez *bakeadas*, el modelo y sus animaciones se han exportado en formato FBX mediante el panel *Game Exporter* de Maya, de acuerdo con los requerimientos del motor de juego Unity extraídos en la investigación (Figura 41).



Figura 41 Bakear animaciones y su exportación. Elaboración propia.

En segundo lugar, a partir de las explicaciones de Cooper en su obra y el estudio realizado del manual de Unity, se realizó en el motor de juego la máquina de estados que permite el funcionamiento de las animaciones entre ellas (Figura 42):

- El estado por defecto de la máquina de estados es la animación de idle, ya que se produce cada vez que el personaje no realiza ninguna acción.
- El estado de idle se ha conectado a los estados de las animaciones de correr y andar agachado. La animación de correr sucede cada vez que la velocidad del personaje aumenta por programación al desplazarse a derecha o izquierda. La animación de andar agachado ocurre cada vez que el jugador anda manteniendo pulsada la tecla Shift, a una velocidad diferente que al correr.
- La animación de saltar se divide en dos estados distintos: salto en el aire y caída. Su transición se produce desde el estado de *Any State*, ya que puede ocurrir desde cualquier otra acción que realice el jugador. La condición para su transición es que el personaje no se encuentre tocando el suelo.
- El estado de escalar con su animación se encuentra conectado al estado de salto en el aire. Se debe a que sucede en el momento en que, saltando el personaje, colisiona con un obstáculo mayor a la altura que puede alcanzar. La condición para su transición es la colisión con los obstáculos o plataformas de mayor altura.

Esta configuración permite cumplir con los fundamentos de contexto y elegancia descritos por Cooper. Se consigue un sistema de animaciones que no requiera de más de las animaciones necesarias para el personaje, en lugar de realizar diferentes animaciones de salto

Idle:

Aplicando principalmente los principios que Priebe describe para lograr expresividad en *stop-motion*, la trayectoria del movimiento del cuerpo en la respiración se ha guiado a través de las manos, cuyo movimiento es seguido en cadena por las demás partes del cuerpo. De este modo, se consigue una anticipación del movimiento y se cumple con los principios de *overlapping action* y *follow through* que dan mayor naturalidad a la animación según Priebe.

Por otro lado, se ha añadido una pose entre la de reposo e inspirar, y se han dejado 15 *frames* de distancia entre las poses de inspirar y espirar. Con ello, se consigue exagerar y marcar los cambios de velocidad en el movimiento, logrando dar una sensación de respiración profunda al jugador, de acuerdo con el fundamento de la animación en videojuegos, sensación, descrito por Cooper¹⁷.

Por tanto, la animación final de idle a realizar se ha establecido con 9 poses en 90 *frames*, con 15 fotogramas de distancia entre las poses de inspiración y espiración, y 10 entre el resto de las claves.

Correr:

Para solucionar el aspecto mecánico y poco fluido, resultante de la fase de *blocking*, que deben evitar las animaciones en videojuegos según Cooper, se han aplicado los principios de la animación. El cambio más significativo se ha realizado acompañando el movimiento de las piernas y del tronco en cada paso con el giro de la pelvis, la cabeza y las manos a ritmos diferentes en cada pose. Logrando marcar la trayectoria y la línea de acción del movimiento, así como la aceleración y desaceleración de cada parte del cuerpo para cumplir con los principios de animación que Priebe y Cooper describen. Además, se mantiene el centro de gravedad siempre en la cadera para cumplir con el principio de legibilidad descrito por Cooper, que permite mayor claridad y equilibrio en el movimiento de cada pose.

En este caso no ha sido necesario añadir ninguna pose o modificar el espacio entre ellas, por lo que la animación final de correr a realizar se ha marcado en 60 *frames* con 7 poses para cada paso y 5 fotogramas de espacio entre ellas (Figura 43¹⁸).

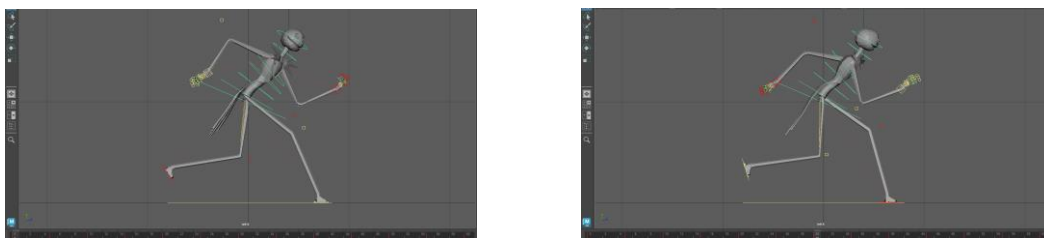


Figura 43 Animación de *in-betweens* de correr. Elaboración propia.

¹⁷ Ver Anexo 2 para visualizar la animación de *in-betweens* completa de idle.

¹⁸ Ver Anexo 2 para visualizar la animación de *in-betweens* completa de correr.

Saltar:

En la prueba de motor de la fase de *blocking*, al terminar el personaje la animación de saltar y regresar a la animación de idle, tiene lugar un *frame* de reposo congelado al cambiar de una animación a otra. Por lo que, para lograr la fluidez necesaria en los videojuegos descrita por Cooper, se ha eliminado la pose final de reposo del salto, ya que se produce directamente al pasar al idle.

También, se ha añadido una clave entre el salto en el aire y la caída que permita entender mejor el cambio que realiza el cuerpo entre ambas poses. Marcando el peso que tiene la caída y dando fuerza al salto para lograr el fundamento de sensación que explica Cooper (Figura 44¹⁹).

Por otro lado, otro error visto en el *blocking* consiste en que el movimiento de las piernas y los brazos se produce en direcciones opuestas. Aplicando los principios explicados por Priebe, se ha otorgado naturalidad al movimiento mostrando la línea de acción y la trayectoria arqueada del salto, mediante el movimiento solapado de los brazos (*overlapping action*), siguiendo la misma dirección que las piernas (*follow through*).

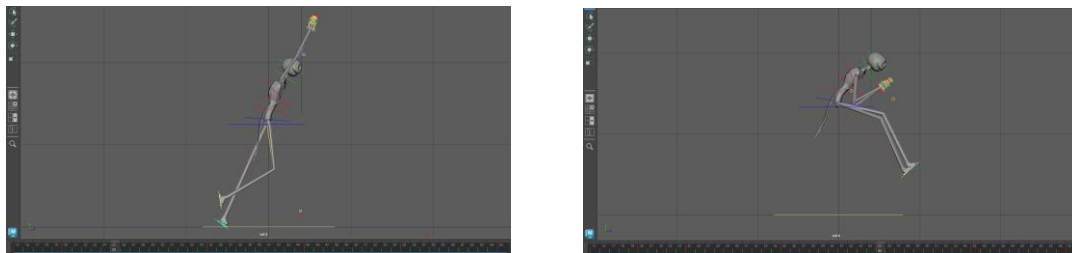


Figura 44 Animación de *In-betweens* de saltar. Elaboración propia.

Por tanto, la animación final de saltar a realizar se ha definido de 65 fotogramas con 7 poses. Entre las primeras poses de preparación del salto se establecen 5 *frames* de distancia, mientras que entre las poses que van del salto en el aire a la recepción en el suelo se establecen 10 fotogramas entre ellas. Con ello se consigue mostrar aceleración y desaceleración en el movimiento, otorgándole expresividad y ritmo como describe Peter Lord.

Andar agachado:

Esta animación se produce en el motor del mismo modo que la animación de correr, por lo que requiere aplicar los fundamentos de fluidez y expresividad o sensación de Cooper, ya que el jugador la visualizará de forma cíclica. Por ello, se ha añadido a cada zancada una pose que refleje los cambios de peso y equilibrio que faltaban en los pasos, de modo que contenga poses similares a la animación de correr.

Además, se han acentuado las poses finales de cada zancada que muestran el paso de una zancada a la siguiente, estableciéndose 10 *frames* de distancia entre ellas en lugar de 5. Esto produce cambios de velocidad entre el arranque de la zancada y su finalización, otorgando

¹⁹ Ver Anexo 2 para visualizar la animación de *in-betweens* completa de saltar.

mayor personalidad y expresividad al movimiento. Permitiendo al personaje acelerar y desacelerar en cada paso como demuestra Peter Lord en su obra con el principio de *slow in* y *slow out*.

Para cumplir con los principios de animación, sobre todo con aquellos que Priebe describe como principales para tener en cuenta al animar en *stop-motion*, el movimiento del cuerpo se ha animado guiando su trayectoria con el tronco, la pelvis y las piernas. Seguido por el movimiento de las manos y la cabeza de forma encadenada (*follow through*) y solapada, pero en posiciones diferentes (*overlapping action*) (Figura 45²⁰).

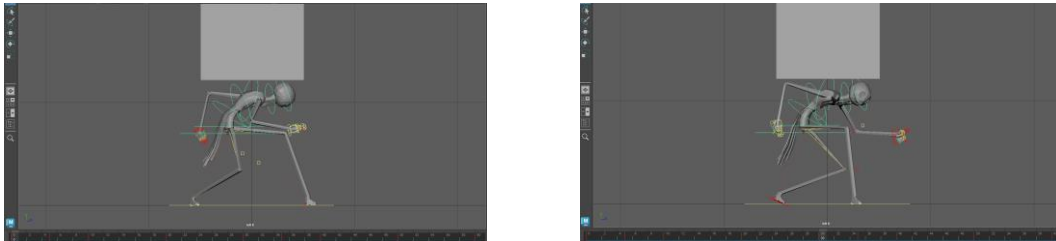


Figura 45 Animación de *In-betweens* de andar agachado. Elaboración propia.

Por tanto, la animación final de andar agachado a realizar se ha establecido en 60 fotogramas con 5 poses o claves para cada zancada. Las poses iniciales de cada zancada con un espacio de 5 *frames* entre ellas, y las poses finales con un espacio de 10 fotogramas entre claves.

Escalar:

Al igual que sucede en la animación de saltar con la pose de reposo, esta animación en el motor se produce desde la pose de saltar en el aire. Por lo que, para conseguir el principio de fluidez de Cooper y que el jugador no note un *frame* congelado en la transición, la animación de escalar se ha corregido para que comience directamente con el personaje agarrado a la superficie en lugar de la pose de salto en el aire.

Las poses que componen la animación continúan siendo 7, sin embargo, en el *blocking* el movimiento era rápido, impidiendo su visualización y comprensión. Por ello, se ha basado en los fundamentos de sensación y legibilidad descritos por Cooper para enfatizarlo y otorgar fuerza a la acción del personaje de tener que subir la pared, de forma que tenga mayor expresividad para el jugador. En las claves finales se ha alargado el espacio entre poses a 10 *frames*, aprovechando los fotogramas vacíos para colocar, siempre respetando el espacio mínimo de 5 fotogramas, claves a las piernas, la columna vertebral y los brazos que muestren con claridad la trayectoria del movimiento.

Al igual que en el resto de las animaciones, se han aplicado los principios de la animación con especial atención a aquellos que Priebe describe como importantes para lograr expresividad en *stop-motion*, como *overlapping action* y *anticipation*. Por ello, se ha guiado el movimiento del cuerpo con el tronco y las manos, seguido por el movimiento de las piernas, la cabeza y

²⁰ Ver Anexo 2 para visualizar la animación de *in-betweens* completa de andar agachado.

la pelvis de forma encadenada. Al mismo tiempo, se anticipa la siguiente pose en la trayectoria a seguir del cuerpo, haciendo uso al mismo tiempo del principio de animación *stretch and squash* que explica Lasseter en su artículo, como agacharse para coger fuerza antes de estirarse para subir la pared (Figura 46²¹).

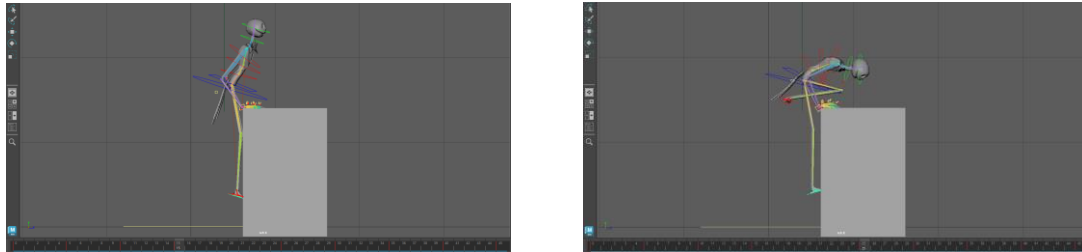


Figura 46 Animación de *In-betweens* de escalar. Elaboración propia.

Portanto, la animación final de escalar a realizar se ha definido en 40 fotogramas con 8 poses. Las claves guardan un espacio de 5 *frames* entre ellas, excepto las poses 4 y 5 en las que se produce el esfuerzo de subir la pared a 10 fotogramas de distancia entre claves para exagerar el movimiento. Además, la columna vertebral y la cabeza cuentan con una pose más entre la 4 y la 5 para aportar mayor claridad al movimiento.

Prueba en el motor²²:

Durante esta fase también se han probado las animaciones en el motor. Para ello, se han exportado las animaciones *bakeadas*, tal y como se realizó en la fase anterior, y se han sustituido en la máquina de estados las animaciones de la fase de *blocking* por las realizadas en esta fase.

El objetivo de la fase de *in-betweens* es lograr configurar por completo las poses que compondrán cada animación final, aplicando los principios de la animación y corrigiendo los fallos de la fase anterior. Por ello, las pruebas en el motor se han llevado a cabo hasta lograr la composición de las animaciones finales completas, descritas al final de la explicación de cada una de ellas en esta fase. Se definen todas sus poses marcadas con los principios de animación mostrados por Priebe y Cooper, como sensación, legibilidad, *overlapping*, *timing* o *anticipation*, aplicados. De forma que, a la hora de realizar las animaciones finales únicamente se tengan que realizar pequeños ajustes para lograr mayor expresividad, como describen Cooper y Urger en sus metodologías.

6.4.3. Animación final

En la metodología de animación 3D en videojuegos explicada por Cooper, durante esta última etapa se continua con el método *pose to pose* para añadir los últimos ajustes a las claves

²¹ Ver Anexo 2 para visualizar la animación de *in-betweens* completa de escalar.

²² Ver Anexo 2 para visualizar la prueba en el motor de la fase de animación de *in-betweens*.

desarrolladas para cada animación en los pasos previos. Sin embargo, en la animación *stop-motion*, Priebe muestra que, tras ser aprobada la prueba inicial realizada previamente, se utiliza el método *straight ahead* para grabar las animaciones completas de manera secuencial, fotograma a fotograma.

La técnica de animación *straight ahead* según Priebe es uno de los rasgos que aporta mayor irregularidad al movimiento característico del *stop-motion*. Por ello, en esta última fase de la metodología desarrollada a partir de la investigación teórica realizada, se equipara este último paso de pulido realizado en los videojuegos con la grabación entera de la animación *straight ahead* realizada en el *stop-motion*, llevándose a cabo cada una de las animaciones usando la técnica *straight ahead*. Cada clave o fotograma ha sido fijado, corrigiendo errores y aplicando los fundamentos de la animación en los pasos anteriores de prototipado. Por lo que, esta fase consiste en realizar cada una de esas poses de principio a fin, sin copiar o duplicar claves, de forma que los valores de movimiento en cada fotograma no estén medidos, aportando mayor irregularidad al movimiento para recrear la animación *stop-motion*.

Si fuera necesario algún ajuste o pulido, este se realiza en el momento de establecer cada pose, en lugar de ser añadido posteriormente con la animación completada, cumpliendo así con la técnica *straight ahead* descrita por Priebe. Este paso del proceso de animación no cuenta con prueba en el motor, ya que se realizan las animaciones finales a implementar en el motor de juego.

Idle:

Gracias a establecer las claves en los pasos anteriores, se ha realizado la animación final de idle *straight ahead* que consta de 90 fotogramas con 9 claves situadas a 10 *frames* de distancia entre ellas. A excepción de las poses de inspiración y espiración que se encuentran a 15 *frames* para exagerar el ritmo en el movimiento, otorgándole mayor expresividad.

Utilizando la técnica *straight ahead* se ha animado fotograma a fotograma de forma secuencial y se ha pulido el movimiento de la cadera al girar hacia los lados. La rotación en cada pose se ha aumentado para que el movimiento sea más perceptible al jugador, tal y como expresa Cooper en los fundamentos de la animación en videojuegos²³.

Correr:

A partir de los pasos previos del proceso de animación, se ha realizado la animación final de correr *straight ahead* compuesta de 60 fotogramas con 7 claves para la zancada con la pierna derecha y 7 claves para la zancada con la pierna izquierda, de forma se consiga una animación cíclica. Cada clave se encuentra a 5 *frames* de las demás para lograr animar a los 12 FPS de la animación *stop-motion* que describe Priebe, con el *frame rate* establecido a los 60 FPS en los que funcionan los motores de videojuegos según explica Cooper.

²³ Ver Anexo 3 para visualizar la animación final de idle.

Respetando la técnica *straight ahead*, se ha exagerado el movimiento de la cabeza y las manos al realizar las poses, de forma que sean más notables en su desplazamiento los principios de *follow through* y *overlapping action* aplicados en la fase anterior y descritos por Priebe como importantes en la animación *stop-motion*²⁴.

Saltar:

Gracias a la definición de las claves en los pasos previos, se ha realizado la animación final de saltar *straight ahead* compuesta de 65 fotogramas con 7 claves. Las 3 primeras constituyen la preparación al salto y se encuentran a 5 *frames* de espacio entre ellas. Mientras que las 4 últimas abarcan desde el salto en el aire hasta la recepción, y se encuentran a 10 *frames* de espacio entre ellas. De esta forma, se consigue un movimiento dinámico con su trayectoria marcada, aspectos que Priebe y Cooper describen como importantes para dar realismo a la animación tanto en videojuegos como en el *stop-motion*²⁵.

Se ha pulido el movimiento de las piernas y los brazos, haciendo uso de la técnica *straight ahead*, ajustando su cambio de posición a la trayectoria del cuerpo. Esto es debido a que en ocasiones su posicionamiento no continuaba la línea de acción realizada por el resto de las partes del cuerpo del personaje (Figura 47). Visualizándose en las fases anteriores una falta de continuidad en la animación que incumple los fundamentos de sensación, legibilidad y fluidez propios de la animación en videojuegos que describe Cooper en su obra.

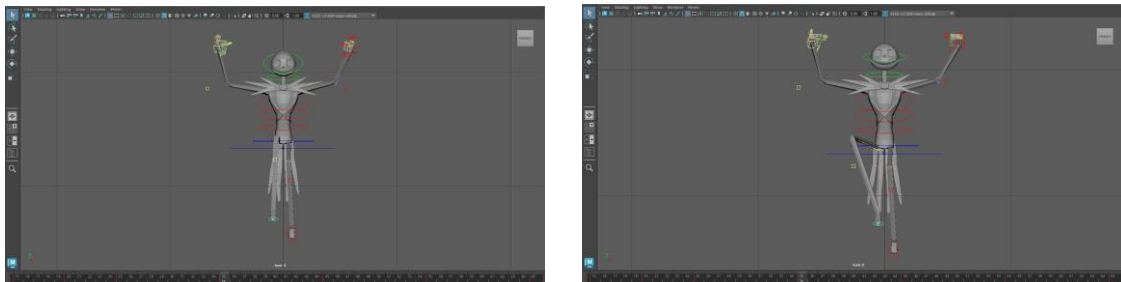


Figura 47 Comparación entre la animación final (imagen de la izquierda) y la animación de *in-betweens* (imagen de la derecha) de saltar.

Elaboración propia.

Andar agachado:

A partir de las poses definidas en las fases de prototipado anteriores, se ha realizado la animación final de andar agachado *straight ahead* compuesta de 60 fotogramas con 5 claves para la zancada con la pierna derecha y 5 con la pierna izquierda, de forma que se consiga una animación cíclica. Las poses iniciales de cada zancada tienen un espacio de 5 *frames* entre ellas, y las poses finales un espacio de 10 fotogramas entre claves. Se acentúa así el

²⁴ Ver Anexo 3 para visualizar la animación final de correr.

²⁵ Ver Anexo 3 para visualizar la animación final de saltar.

cambio de ritmo de los pasos, cumpliendo con el principio fundamental de la animación, *timing*, que como describen Cooper y Priebe, marca el ritmo de la animación²⁶.

Además, se ha pulido el movimiento de las manos, marcando más su rotación de forma que sea más notable por el jugador su trayectoria en la animación, solapada y seguida a la de los brazos y la cadera. Siendo más perceptible para el jugador la naturalidad que aportan al movimiento los principios de animación como *arcs*, *follow through* y *overlapping action*, descritos por Priebe y aplicados en la fase anterior de animación.

Escalar:

Con el desarrollo de las claves que forman la animación de escalar en los pasos previos, se ha realizado la animación final de escalar compuesta de 60 fotogramas con 9 claves *straight ahead*, es decir, realizando cada fotograma de principio a fin de forma secuencial.

El número de fotogramas se ha variado respecto a la fase anterior de 40 a 60, ya que en las pruebas de motor se continuaba reproduciendo la animación muy rápido, impidiendo leer y comprender el movimiento. Además, en la fase anterior se componía de 8 claves, debido a que únicamente la columna vertebral y la cabeza contaban con una pose más entre las claves 4 y 5. Sin embargo, para la animación final, entre esas claves se ha fijado en la pose no solo el movimiento de la cabeza y la columna, sino el de todo el cuerpo, aunque permanezca fijo, dando lugar a una pose más en la animación respecto a la fase anterior.

Además, se ha variado el espacio entre *frames* entre 5 y 10 en función del momento de la animación, de acuerdo con el fundamento de sensación en la animación en videojuegos descrito por Cooper. Los momentos de mayor esfuerzo en el movimiento, es decir, al tomar impulso y las últimas claves en que el personaje termina de subir por completo la pared, se encuentran a 10 *frames* de distancia para exagerar y marcar la fuerza y el ritmo del movimiento. Mientras que el resto de las poses de la animación, momentos de menos esfuerzo y distensión del personaje, se encuentran a 5 fotogramas de espacio entre claves.

Por otro lado, respetando la técnica *straight ahead* al animar, en cada pose se ha pulido el movimiento de la cabeza, la cadera y las piernas. Se requería mayor movilidad para hacer más perceptible por el jugador la trayectoria del movimiento de estas partes del cuerpo, apenas visible en la prueba de motor de la fase anterior, ajustándose por tanto los principios de la animación descritos por Priebe y Cooper. Además de corregir el posicionamiento y rotación de los pies y las manos en algunas poses en las que se forzaba el modelo 3D, provocando pequeñas roturas de este o posturas extremas y poco realistas (Figura 48²⁷).

²⁶ Ver Anexo 3 para visualizar la animación final de andar agachado.

²⁷ Ver Anexo 3 para visualizar la animación final de escalar.

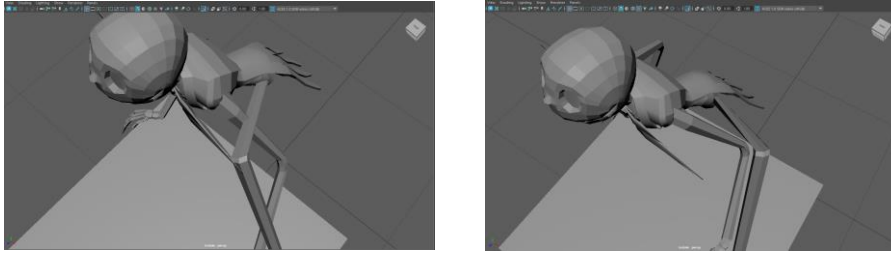


Figura 48 Comparación entre la animación final (imagen de la derecha) y la animación de in-betweens (imagen de la izquierda) de escalar.

Elaboración propia.

6.5. Implementación en el motor

Por último, partiendo de la metodología desarrollada en el cuerpo teórico del trabajo, se ha llevado a cabo la implementación en el motor de las animaciones finales del set de desplazamiento de Jack Skellington. Con el fin de lograr un personaje con animaciones de movimiento en funcionamiento en el motor de juego, que reproduzcan el resultado visual del *stop-motion*.

Esta última fase es fruto de la combinación de los pasos finales de las metodologías de animación *stop-motion* y 3D en videojuegos descritas por Priebe y Cooper. Debido a que el objetivo de este trabajo es lograr animaciones *stop-motion* funcionales en un motor de juego, se sustituye la fase de postproducción final realizada en la animación *stop-motion* por la fase final de implementación realizada en la industria del videojuego.

Para ello, se ha utilizado la máquina de estados configurada para las pruebas de motor realizadas durante el proceso de animación. Ya que, como se dijo anteriormente, se estructuró para testear las animaciones tal y como se relacionarían y comportarían entre ellas en el motor, de cara a la implementación final. Con el objetivo de llegar a esta última fase con animaciones completas que solo deban ser colocadas en la máquina de estados (Figura 49).

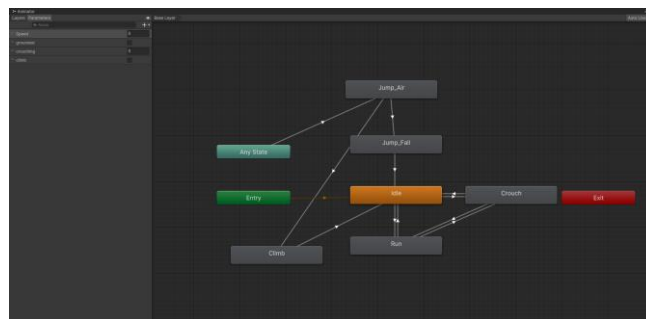


Figura 49 Máquina de estados del personaje Jack Skellington en Unity. Elaboración propia.

De acuerdo con el proceso de implementación realizado en videojuegos descrito por Cooper, las animaciones finales se han *bakeado* para ser exportadas con claves en todos los fotogramas en el formato FBX de los motores del juego. Evitando así perder el movimiento *stop-motion* recreado en el programa de animación, al limitarse la interpolación automática del motor a un fotograma de cada seis.

Las tangentes escalonadas sin interpolación que explica McKinley sumadas a establecer las claves con un mínimo de 5 *frames* entre ellas para lograr animar a 12 FPS a un *frame rate* de 60 FPS, produce que al *bakear* la animación las tangentes escalonadas se traduzcan a 5 fotogramas con la pose fija del personaje, cambiando en el sexto. De esta manera, al implementar la animación *bakeada* en la máquina de estados, la interpolación automática del motor se realiza únicamente en uno de cada 6 fotogramas, justo cuando se produce el cambio de pose en la animación. Siendo imperceptible para el ojo humano y manteniéndose el movimiento quebrado buscado para recrear la animación *stop-motion* (Figura 50).



Figura 50 Curvas de la animación final de correr en Unity. Elaboración propia.

De este modo, al igual que los animadores de *Broken Age*, se ha logrado un personaje 3D animado recreando una técnica tradicional de animación, es este caso en *stop-motion*, mediante el uso de las herramientas, métodos y programas utilizados en la industria del videojuego. Al mismo tiempo que se cumple con los principios de la animación comunes al *stop-motion* y la animación 3D en videojuegos, así como los rasgos técnicos específicos de ambos campos obtenidos en la investigación, descritos principalmente por Priebe y Cooper. El resultado final se puede encontrar en el Anexo 3 de este trabajo.

7. Conclusiones

Tras el estudio y análisis histórico de la animación *stop-motion* se ha podido evaluar su evolución tanto en métodos como herramientas y técnicas, permitiendo identificar los rasgos que determinan y caracterizan su realización.

Al examinar los fundamentos que definen la animación 3D en videojuegos, se ha podido comprobar y establecer la compatibilidad entre el *stop-motion* y esta industria, ratificada con la evaluación de algunos ejemplos en videojuegos como *Broken Age*. Permitiendo extraer rasgos híbridos para recrear el resultado visual de movimiento de la animación *stop-motion* en la animación 3D en videojuegos, como la utilización de tangentes escalonadas para evitar la interpolación.

La industria de los videojuegos en el ámbito de la animación 3D se ha mostrado con una gran capacidad de adaptación y versatilidad a los requerimientos de distintas técnicas de animación, como se ha visto en algunos ejemplos durante la investigación y en este caso con el *stop-motion*. Tanto sus herramientas y programas utilizados, como la metodología iterativa de esta industria, han permitido el desarrollo de una metodología combinada entre la llevada a cabo en la animación *stop-motion* y la seguida en la animación 3D en videojuegos.

Por otro lado, mediante la observación del juego original de TOSE, *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*, se ha determinado el diseño del personaje Jack Skellington con su implicación en la experiencia de juego. Lo que ha permitido establecer las animaciones necesarias a desarrollar para una adaptación 3D de este videojuego.

Teniendo en cuenta estos resultados de la investigación, se ha logrado aplicar la metodología desarrollada en la realización e implementación del set de animaciones de desplazamiento del personaje *stop-motion* Jack Skellington, en el prototipado 3D de una adaptación del videojuego *Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*, cumpliendo con el objetivo principal de este trabajo.²⁸

Por tanto, se demuestra la hipótesis planteada inicialmente, gracias a las técnicas de animación 3D de los videojuegos se puede recrear el resultado visual del movimiento de la animación *stop-motion*, pudiendo ser utilizada por la industria en futuros videojuegos. Aportando también, una mayor comprensión de esta técnica tradicional de animación y la animación 3D en videojuegos.

Sin embargo, para llegar al resultado obtenido, se han encontrado limitaciones en la implementación. Esto es debido a que el código desarrollado para vincular la máquina de estados al movimiento del personaje se ha elaborado a partir de las competencias básicas que se tienen en el campo de la programación. Pudiendo ser mejorado con mayores conocimientos de en este ámbito para resultados superiores.

Por último, añadir de cara a futuro, la posibilidad de mejorar la metodología de recreación de *stop-motion* en videojuegos considerando la utilización de las capacidades de edición de

²⁸ Ver Anexo 4 para una comparación entre los resultados obtenidos y un producto de *stop-motion* tradicional.

animación de que dispone el motor de juego. En este trabajo, las animaciones se han realizado en programas digitales de animación 3D utilizados en la industria del videojuego para luego ser implementadas en el motor. Pero, con la exploración de una mayor implicación del motor de juego en el proceso de animación, se obtendría un mayor control sobre las propiedades de este que afectan a las animaciones, como la interpolación automática realizada por el motor, principal impedimento a superar en la recreación de la animación *stop-motion*.

8. Bibliografía

- CANO, L. (2017). "The Neverhood, Armikrog y lo que pudo ser". *Start*.
<https://www.startvideojuegos.com/the-neverhood-armikrog-y-lo-que-pudo-ser/>
- COOPER, J. (2019). *Game Anim: Video Game Animation Explained*. Florida: A K Peters/CRC Press.
- COOPER, J. (2019). "Animating Dauntless: Slaying AAA animation on the indie scale - Game Anim". *Game Anim*. Disponible en: <https://www.gameanim.com/2017/09/04/animating-dauntless-slaying-aaa-animation-indie-scale/> [Consultado el: 29 febrero 2024].
- DOBSON, N; HONESS ROE, A; RATELLE, A; RUDELLE, C. (2018). *The Animation Studies Reader*. Londres: Bloomsbury Academic.
- ESBEN KJÆR RAVN. (2021). *People who make a stop motion video game explain themselves - vokabulantis* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=ITv_3Y0hwdE
- GAMESPOT TRAILERS. (2015). *Armikrog - Behind the Scenes: Giving Life to Tommynaut* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=GmCSQLOPiAU>
- GASEK, T. 2004. "Imperfection in Animation". *Stop Motion Works*. Disponible en: <http://www.stopmotionworks.com/articles/imperftanim.htm> [Consultado el: 24 febrero 2024].
- GDC. (2017). *Animation Style and Process for Broken Age* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=iWEVY4ujyl4>
- GDC. (2017). *Animating Dauntless: Slaying AAA Animation on the Indie Scale* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=6TB62YKHwRQ>
- HARRIS, C. (2018). "The Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King". *IGN*.
<https://www.ign.com/articles/2005/11/01/the-nightmare-before-christmas-the-pumpkin-king>
- LASSETER, J. (1987). "Principles of traditional animation applied to 3D computer animation". *Computer Graphics*, 21(4), pp 35-44. <https://doi.org/10.1145/37402.37407>
- LORD, P; SIBLEY, B. (1998). *Creating 3D Animation*. Nueva York: Abrams Books.
- MASELLI, V. (2018). *The Evolution of Stop-motion Animation Technique Through 120 Years of Technological Innovations*. *International Journal of Literature and Arts*. Vol. 6, No. 3, pp. 54-62. doi: 10.11648/j.ijla.20180603.12
- METTS, J. (2005). "The Nightmare Before Christmas: Th Pumpkin King Review", *Nintendo World Report*. <https://www.nintendoworldreport.com/review/4432/the-nightmare-before-christmas-the-pumpkin-king-game-boy-advance>
- MCKINLEY, M. (2006). *The Game Animator's Guide to Maya*. Indiana: Wiley Publishing, Inc.

- MCNAMARA, L. (2023). "How Guillermo del Toro's Animators Brought Pinocchio to Life", *One Frame at a Time. Frame.io Insider*. <https://blog.frame.io/2022/12/19/guillermo-del-toro-pinocchio-animation-behind-the-scenes/>
- MURRELL IMAGINATION. (2022). *STOP-MOTION Animation (with Ken Priebe) | Making Imagination* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=IY0eWBKyG34>
- NEOGAMER. (2018). *Behind the Scenes - Neverhood and Skullmonkeys* [Making of] [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=BrR3jbgocI4>
- PRIEBE, K. (2007). *The Art of Stop-Motion Animation*, Boston: Cengage Learning PTR
- PRIEBE, K. (2010). *The Advanced Art of Stop-Motion Animation*, Boston: Cengage Learning PTR
- PURVES, B. (2007). *Basics Animation: Stop-motion*. Boston: Thomson Course Technology PTR
- RIOT GAMES. (2018). *So you wanna make games?? / Episode 6: Character Animation* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=VmNUAX2V8JQ>
- SOLOMON, C. (1994). *Enchanted Drawings: The History of Animation*. Nueva York: Random House Value Publishing
- TECHNOLOGIES, UNITY. (2024). *Model Import Settings Window*. Unity Manual. <https://docs.unity3d.com/Manual/animator-AnimatingAGameObject.html>
- TECHNOLOGIES, UNITY. (2020). *Baking Animation for FBX Export*. Unity Learn. <https://learn.unity.com/tutorial/baking-animation-for-fbx-export#>
- TOSE (2005). *The Nightmare Before Christmas: The Pumpkin King*. Disney Interactive Studios. Game Boy Advance.
- THOMAS, F; JOHNSTON, O. (1981). *The Illusion of Life*. Nueva York: Abbeville Press.
- THOMPSON, F. (1994). *Tim Burton's "Nightmare Before Christmas: The Film, The Art, The Vision"*. Nueva York: Hyperion
- WEBSTER, C. (2005). *Animation: The Mechanics of Motion*. Oxford: Focal Press.
- WELLS, P. (1998). *Understanding Animation*. Nueva York: Routledge.
- WILLIAMS, R. (2001). *The Animator's Survival Kit*. Londres: Faber and Faber.
- YEKTI, B. (2015). *Comparative Aesthetic Study between 3D Stop-Motion Animation and 3D Computer Graphic Animation*. TFG. Multimedia Nusantara University. Disponible en: https://www.academia.edu/36300412/Comparative_Aesthetic_Study_between_Thr [Consulta: 7 de marzo de 2024].

Anexos

Anexo 1: *Blocking* de las animaciones

1. Animaciones en Maya –
<https://youtube.com/playlist?list=PL9dDNZAtKejfbdTAAOSKxVNvkX8Xwi0tuD&si=pA8gN5mvZ25Q4vSh>
2. Prueba en el motor - <https://youtu.be/lsVLu00aihI>

Anexo 2: Resultado de la fase de animación de *in-betweens*

1. Animaciones en Maya – <https://youtube.com/playlist?list=PL9dDNZAtKejf28HavwIVJKWJYtADvxIA&si=wJCyiLxIFcmxqMqP>
2. Prueba en el motor - <https://youtu.be/RKRBYvvzzVg>

Anexo 3: Animaciones finales

1. Animaciones en Maya –

<https://youtube.com/playlist?list=PL9dDNZAtKejcuDjNlScGU2eE8cGpSAv9t&si=d804EU3cDhPOsU>

2. Implementación final en el motor –

- Build Github: https://github.com/LaliDiez/LaliDiez_BuildTFG_2024.git
- Build Drive: https://drive.google.com/file/d/16hVamFZsfkYqb8TdfEN-KaJN07gwNJuk/view?usp=drive_link

Los controles de movimiento del personaje, aunque indicados en la build, consisten en:

- AD para correr.
- Shift + AD para andar agachado.
- Space para saltar.

Anexo 4: Comparación de resultados

- <https://youtu.be/8i5H1q32lw>