



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN

DESARROLLO DE UNA ANIMACIÓN DIGITAL EN 3D PARA LA
REPRESENTACIÓN DE UNA LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR DE RODILLA Y SU POSTERIOR RECUPERACIÓN, PARA EL
CENTRO MÉDICO DE REHABILITACIÓN FÍSICA FISIODEPORT.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de licenciada en Ilustración y animación digital

Profesor Guía
Máster David Cazar

Autora
Jan Arakzxa Yances Navarro

Año
2014

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

David Cazar

Máster en dirección y producción cinematográfica de animación digital.

1716915358.

DECLARACIÓN DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes

JanArakzxaYances Navarro

1717547820

DEDICATORIA

Agradezco a mis padres por el apoyo que me han brindado toda la vida para mi educación y bienestar, y darme la fortaleza de siempre seguir adelante. También la dedico a mis hermanos por guiarme el camino cuidándome y depositando su entera confianza en cada reto que se me ha presentado, es por ellos que he ido logrado mis objetivos y seguir avanzando.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó con el objetivo de desarrollar un material que se adapte al desarrollo tecnológico como lo es la animación tridimensional, de una manera muy funcional en cualquier campo, en este caso la medicina.

El trabajo presenta una combinación teórico práctica destinada a describir los aspectos fundamentales del desarrollo de la investigación, en base a las principales teorías de animación, producción y de fisioterapia.

Se diseña el material audiovisual a presentarse, con la investigación teórica y el análisis de la investigación levantada mediante encuestas.

Para la producción del video se menciona los aspectos técnicos para la selección de equipos y recursos tecnológicos, elaboración del guion, voz en *off*, edición del audio, del video. En cuanto a la edición del video, se detalla la selección de imágenes, el montaje y la exportación del video, mediante animaciones en 3D con el programa Autodesk Maya, editado con AfterEffects.

Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se ha llegado con la investigación, con sus respectivas recomendaciones viables, como un aporte dentro del ámbito académico.

ABSTRACT

This research project was conducted with the objective to develop a material that can be adapted to the technological development as it is the dimensional animation, in a manner very functional in any field, in this case the medicine.

This work presents a theoretical and practical combination designed to describe the fundamental aspects of the development of the research, based on the main theories of animation, production and physiotherapy.

Designing the audiovisual material to be presented, with the theoretical research and the analysis of the research raised through surveys.

For the production of the video mentions the technical aspects for the selection of equipment and technological resources, develop the script, voiceover, audio editing, video. In terms of editing the video, details the selection of images, the mount and the export of the video, using 3D animations with the program Autodesk Maya, edited with After Effects.

Finally, conclusions are presented to the that has been reached with the research, with their respective actionable recommendations, as a contribution within the academic environment.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.1.1Justificación	3
1.2 Objetivos.	4
1.2.1Objetivo general.	4
1.2.2Objetivos específicos:.....	4
1.3 Hipótesis:	4
1.4 Variables.	6
1.4.1Variable dependiente.....	6
1.4.2Variables independientes.	6
1.5 Metodología	6
1.5.1Enfoque cuantitativo	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 Lesión:.....	8
2.2 Ligamento cruzado anterior (LCA)	9
2.3 Lesión de Ligamento cruzado anterior.....	9
2.4 Rehabilitación de ligamento cruzado anterior.	12
2.5 Medicina, ilustración y animación digital.	13
2.6 Principios de la animación 3D.....	15
2.6.1Creación de personajes.....	17
2.6.2Modelado 3D.	18
2.6.3Texturas.	20
2.6.4Iluminación	22
2.6.5Riggin o Esqueleto.	25
2.6.6Keyframes o fotograma clave en la animación.....	26
2.6.7Render.....	26

3. PREPRODUCCIÓN.....	27
3.1 Guion.....	27
3.2 StoryBoard.....	27
3.3 Personaje.....	29
4. PRODUCCIÓN.....	30
4.1 Animatic.....	30
4.2 Modelado.....	32
4.2.1Maya.....	32
4.2.2Mudbox.....	33
4.3 Color.....	34
4.3.1Color en mudbox.....	34
4.4 iluminación.....	36
4.4.1Iluminación con HDRI.....	36
4.5 Rigging.....	37
4.6 Animación.....	39
4.7 Render.....	39
5. POSTPRODUCCIÓN.....	40
5.1 Adobe After effects.....	40
5.2 Edición y efectos especiales.....	41
5.3 Sonorización.....	41
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	43
6.1 Conclusiones.....	43
6.2 Recomendaciones.....	44
7. REFERENCIAS.....	45
8. ANEXOS.....	48

1. INTRODUCCIÓN.

Este proyecto presenta el desarrollo en una animación digital en 3D de la lesión de ligamento cruzado anterior de rodilla y su posterior recuperación, para el Centro Médico de Rehabilitación Física “Fisiodeport”. El cual ayudara a dar mayor empatía con las personas que ejecutarán y realizan su tratamiento.

La razón fundamental por la que se realizó este trabajo fue de carácter académico, ante esto se planteó un tema tecnológico de trascendental importancia dentro del ámbito médico, que busca convertirse en una herramienta médica para brindar mayor claridad en las explicaciones a los pacientes.

Es importante señalar que la importancia social que tendrá este proyecto se evidencia al momento de brindar una mejor atención al cliente.

1.1 Planteamiento del problema.

Actualmente en Ecuador hay un mayor índice de lesiones de ligamento cruzado provocadas por diferentes factores; siendo más común en personas que están siempre expuestas al deporte de contacto como: fútbol, basquetbol, rugby, voleibol, gimnasia y esquí.

Hay un escaso apoyo audiovisual en las instituciones médicas, en la cual el médico tratante, se limita a explicar con maniqués e imágenes, ¿cómo? se produce y el procedimiento que se lleva a cabo.

El problema es que para el paciente, la información otorgada por el fisioterapeuta no es 100% verás, quedando grandes dudas por resolver, y con solo una breve idea de lo que ocurrió, pero no de cómo será exactamente la rehabilitación.

Los centros médicos no cuentan con una ayuda audiovisual explicativa de alguna lesión provocada por diferentes principios. Es por esto que se realizara un proyecto audiovisual 3D el cual se adapte a el desarrollo tecnológico por el cual va avanzando el mundo y asemejando las cosas más a la realidad.

Antiguamente se procedía una vez dada la explicación de forma oral y a manera de conversatorio intentar explicar al paciente todo el proceso que se realizaría, esto no facilitaba el entendimiento del proceso que iba a realizarse al paciente que sufrió la lesión. Por lo cual se intentó mejorar la calidad de esta información mediante el uso de fotografías pero estas pasaron a ser también una herramienta de confusión ya que el paciente no posee los conocimientos, provocando así una desconfianza y angustia al procedimiento normal.

Con el avanzar del tiempo los fisioterapeutas decidieron optar por usar un maniquí y así intentar que el paciente pierda ese miedo o desconfianza, pero esto resultaría también muy difícil para el paciente ya que no lograba visualizar de una manera adecuada, puesto que, este tipo de lesión precisa de una observación más bien interna. Es así que llegamos a la actualidad, con un adelanto espectacular para los pacientes ya que con un modelado en 3d de cualquier tipo de lesión, se puede visualizar completamente interna y externamente sobre todo el proceso al que se procederá a someter al determinado paciente, gracias a esto los fisioterapeutas tienen más oportunidad de creer porque ya se pierde la desconfianza hacia este tratamiento.

Anteriormente ya se han realizado investigaciones a fondo respecto a la lesión de ligamento cruzado ya que es una de las más comunes, pero no han tratado de crear material práctico audiovisual para implementar en las instituciones médicas.

El centro médicofisio-deport es especializado en la rehabilitación física de los pacientes de todo tipo de lesión, especialmente de la rodilla, tobillo, y espalda.

Ya con varios años de experiencia siempre ha tratado de brindar la mejor atención y confianza a cada uno de sus pacientes, buscando la mejor forma para facilitar su trabajo y encontrar un entendimiento claro del proceso a cada uno de ellos, es por eso que cuentan con un equipamiento completo y con una gama alta en tecnología, además cuentan con una gran variedad de maniqués de partes del cuerpo, y han pensado que siempre falta algo más para complementar su acto explicativo, y para lograr que todo ese trabajo aclaratorio sea totalmente entendible ante sus oyentes necesitan contar con algo más llamativo y claro.

El centro médico FisioSport anteriormente no había optado por la opción de un 3D ya que desconocía por completo de este tipo de trabajo en el país, y comenta que fue una de las mejores opciones que ha tenido para su trabajo y explicación de esta común lesión.

La implementación de este apoyo audiovisual le ayudara mucho, porque lograra provocar ante los pacientes una aclaración rápida y clara.

1.1.1 Justificación

En la ciudad de Quito, los centros médicos de rehabilitación física no tienen material audiovisual que les ayude a explicar a los pacientes los diferentes tipos de lesiones provocados. Es por esto que se plantea la realización de un proyecto audiovisual 3D, el cual se adapte a el desarrollo tecnológico en el campo de la medicina.

El material servirá a las instituciones médicas para dar mayor seguridad al paciente, pues a los médicos tratantes se les facilitará la explicación ya que la simulación en 3D será muy semejante a la realidad, en el cual se puede percibir desde cualquier punto la parte interna de la rodilla, resaltando la importancia del tratamiento.

El beneficio se extiende de manera directa a los pacientes, puesto que ellos son los principales interesados en saber el grado de grado de lesión del ligamento cruzado, porque a medida que pasa el tiempo y al no ser reparada la rodilla, sufrirá un desgaste prematuro. Con este tipo de modelado y animado digital3D, se pretende también aumentar el número de personas que se sometan a tratamientos u operaciones, porque de acuerdo a datos proporcionados por el mismo centro médico en mención, alrededor de un 30% de personas que han sufrido este tipo de lesión han decidido no hacer nada al respecto por falta de una explicación convincente. Se tienen buenas posibilidades que con este modelado inducirá al paciente a realizarse la práctica médica o rehabilitación según sea el caso.

1.2Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

Realizar una animación 3D para el Centro Médico de Rehabilitación Física “Fisiodeport”, que sirva de apoyo para la representación clara del proceso de rehabilitación, que conlleva la lesión de ligamento cruzado anterior de rodilla.

1.2.2 Objetivos específicos:

- Conocer la lesión de LCA de rodilla y los procesos de rehabilitación.
- Establecer el caso específico a ser mostrado en la animación.
- Mostrar, por medio de la animación, todo el proceso, desde la lesión hasta su recuperación, tratando de que el paciente perciba completamente todas las fases importantes por las que debe pasar.

1.3Hipótesis:

La animación digital es un recurso que ha ido evolucionando y actualmente se lo utiliza para diferentes querencias, mostrando algo más expresivo y coherente en el conjunto de imágenes.

En este video la animación 3D es combinada con imágenes reales representando la provocación, operación y recuperación de la lesión de ligamento, sustituyendo la modalidad explicativa mediante gestos, por un estilo más entendible e interesante que concrete de manera agradable la importancia del proceso a llevar. Tal vez, ningún otro medio puede igualar la animación 3D para mostrar un resumen visual rápido incluso de la idea de algo más complejo.

Con la animación se puede obtener resultados buenos dando una sensación de realidad y vitalidad permitiendo demostrar armónicamente los beneficios hacia la persona.

La animación 3D es muy eficaz en la comunicación de una manera rápida y muy convincente para las personas de cualquier edad.

El proyecto será ejecutado principalmente para el Centro Médico Fisiodeport, desarrollando una representación de la lesión de ligamento cruzado anterior de rodilla y su posterior recuperación, mediante animaciones en 3D con el programa Autodesk Maya, editado con AfterEffects.

Además, este proyecto servirá de ayuda para los centros médicos de rehabilitación física en general; es decir no solo será centrado en clínicas privadas, sino también a nivel de centros públicos de fisioterapia del país, logrando así que todas las personas lesionadas tengan una idea clara acerca de este tipo de lesión y su consiguiente recuperación.

Este material, que muestra el proceso en un modelado tridimensional, puede abrir paso a otras aplicaciones, realizando demostraciones de todo tipo de lesión, combinando así la tecnología y la salud.

Es decir que el beneficio exacto de esta idea, es el de cambiar la forma en que se ilustra a los pacientes su lesión y tratamiento, dando además al médico o fisioterapeuta una herramienta muy útil para su explicación.

Teniendo en cuenta una macro visión del campo de la animación en tercera dimensión, este proyecto abre las puertas a un nuevo campo laboral y un terreno sin duda muy rico y con muchas oportunidades de generar un potencial desarrollo de esta profesión, dentro del área de la medicina.

Teniendo en cuenta a la postre significara un considerable aumento en las ganancias del centro o clínica de fisioterapia que utilice el material.

1.4 Variables.

1.4.1 Variable dependiente.

Animación en 3D: muestra la lesión de LCA y su rehabilitación

1.4.2 Variables independientes.

Información médica sobre la Lesión de LCA

Información médica sobre la rehabilitación de la Lesión de LCA

Principios de la animación digital 3D

- Storyboard
- Personajes
- Animatic
- Animación

1.5 Metodología.

1.5.1 Enfoque cuantitativo.

Se utiliza la investigación descriptiva o investigación estadística, para estudiar y comprobar por medio de entrevistas y encuestas el porcentaje acerca del conocimiento y aceptación del tratamiento una vez mostrado su procedimiento por medio de la visualización en 3D del proceso en la cual se explica cada intervención una vez ocasionada la lesión.

2. MARCO TEÓRICO

El Centro médico Fisideport en las principales actividades que realizan está la fisioterapia deportiva su especialidad es: recuperación de rodilla, tobillo y espalda. Inicio desde hace 12 años en la ciudad de Quito con el Doctor Sixto Curipoma, actual Fisioterapeuta de la F.E.F (Federación Ecuatoriana de Fútbol).

El propietario del Centro Médico está siempre en búsqueda continua de mayores avances científicos y tecnológicos, que le permitan complementar su acto explicativo frente a los pacientes, y comenta que antes se desconocía la posibilidad de mostrar el proceso mediante una animación en 3D de la lesión más común, que es la de ligamento cruzado anterior de rodilla. Sin duda, este tipo de representación será una de las mejores opciones con las que pueda contar el Centro Médico para optimizar la explicación de esta común lesión, logrando total claridad, ya que será una simulación real de un cuerpo donde muestra específicamente la rodilla lesionada. Como ejemplo se puede tomar la Figura 1, en donde se ilustra un video en 3D, de una reconstrucción de ligamento cruzado, pero en él no se muestran los movimientos que ocasionan la lesión ni el proceso de rehabilitación.



Figura 1. Video explicativo de una lesión en 3d

Tomado de: (ReflexClinic, 2011)

<https://www.youtube.com/watch?v=m2qJMbwA3w>

2.1 Lesión:

Se conoce como lesión a un golpe, herida, daño, perjuicio o detrimento. El concepto suele estar vinculado al deterioro físico causado por un golpe, una herida o una enfermedad.

La medicina clínica define a las lesiones como alteraciones anormales que se detectan y observan en la estructura o morfología de una cierta parte o área de la estructura corporal, que puede presentarse por daños internos o externos.

Las lesiones producen modificaciones en las funciones de los órganos, aparatos y sistemas corporales, generando problemas en la salud.

En el deporte en general, por su parte, se habla de lesiones clasificándolas en dos categorías: agudas y crónicas. La diferencia entre ellas es que las primeras se identifican porque son causadas por culpa de un esfuerzo rápido y brusco lo que supone que tengan como tratamiento el reposo, la aplicación de hielo y la ingesta de antiinflamatorios. (Hurtado, 2011)

Las lesiones deportivas son lesiones que se suelen producir mientras se practica un deporte organizado, sea en una competición, una sesión de entrenamiento u otra actividad física organizada. En los jóvenes este tipo de lesiones ocurren por diversas razones, incluyendo un entrenamiento incorrecto, llevar un calzado deportivo inadecuado, no llevar el equipo de protección necesario y el rápido crecimiento que se experimenta durante la pubertad. (colegiovaldeluz, s.f.)

2.2 Ligamento cruzado anterior (LCA)

“Este es uno de los principales de la rodilla. El ligamento cruzado anterior conecta la parte posterior-lateral del fémur con la parte delantera-media de la tibia, pasando por detrás de la rótula. Esta unión permite evitar un desplazamiento hacia delante de la tibia respecto al fémur”. (clínicamedicinadeportiva, 2008)

El ligamento cruzado anterior y el posterior se cruzan dentro de la rodilla formando una X, es por esto que se los denomina ligamentos “cruzados”.

El LCA es el más importante estabilizador de la rodilla. Se dice que es la columna vertebral de la rodilla, porque le da el 90% de la estabilidad.

2.3 Lesión de Ligamento cruzado anterior.

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son muy comunes y, por lo general, se producen cuando se tuerce la pierna mientras se aplica sobre ésta una fuerte presión hacia abajo. (medlineplus, 2013)

Para su reposición se debe obtener parte del tendón rotuliano para utilizar como injerto y obtener tejido donante, posteriormente se crean puntos de unión con un pequeño tubo al extremo de la tibia y otro en el extremo del fémur, luego se atraviesa el injerto creando un nuevo ACL.

Un ligamento roto parcialmente puede dejarse como tal y observarse. Una ruptura completa no cicatriza sola, porque los muñones se retraen.

De acuerdo a Alejandro Rojas (2012), generalmente, el paciente deberá ser examinado de inmediato por un fisioterapeuta o un traumatólogo después de la lesión. La mayor parte de las personas que sufren una ruptura del ligamento cruzado Anterior, se someten a cirugía para repararla, sin embargo, ciertas personas pueden evitar la cirugía mediante la modificación de su actividad

física. De hecho, algunos pacientes pueden volver a la actividad física intensa sin someterse a cirugía, tras un período de rehabilitación. Su fisioterapeuta, junto con su cirujano, le puede ayudar a determinar si el tratamiento no quirúrgico (rehabilitación sin cirugía) es una opción razonable para usted. Si el paciente decide someterse a la cirugía, su fisioterapeuta le ayudará a prepararse en el preoperatorio y en el postoperatorio para recuperar la movilidad, fuerza y equilibrio normal de su rodilla.

El Ligamento Cruzado Anterior roto se deshace como el trenzado de una cuerda y no se puede curar por sí mismo.

Los desgarres de ligamento cruzado anterior son mucho más comunes en las mujeres que en los hombres, de acuerdo a una investigación publicada por EFD. Deportes (2012). La anatomía de las caderas y las piernas de las mujeres puede hacer que estas sean más propensas a las lesiones del LCA. Las rodillas del hombre generalmente están directamente alineadas debajo de sus caderas, las mujeres tienen las caderas más anchas que los hombres, y esto aumenta el ángulo en el que sus fémures y sus tibias convergen en las articulaciones de las rodillas, este aumento de ángulo puede generar una mayor cantidad de estrés en el ligamento cruzado anterior durante ciertos movimientos.

El espacio alrededor del ligamento cruzado anterior es más estrecho en las mujeres que en los hombres. Todas estas diferencias anatómicas pueden hacer que las mujeres sean más propensas a sufrir de lesiones del ligamento cruzado anterior.

La causa principal de la rotura o desgarro del ligamento cruzado es el traumatismo, de ahí que sea habitual en deportes de contacto. No obstante no es necesario que se produzca un golpe.

Una parada en seco o un cambio brusco de dirección al correr o girar puede ocasionar la rotura o desgarro del ligamento cruzado anterior.

Ha sido difícil establecer la verdadera historia natural del progreso de la rodilla con lesión del LCA, y los estudios se han basado en el seguimiento de los casos sometidos al tratamiento conservador no quirúrgico. La ruptura del LCA es una lesión devastadora que puede afectar notoriamente el nivel de actividad del paciente y su calidad de vida. Cuando es completa puede generar muchos problemas crónicos de la rodilla, incluyendo inestabilidad, lesiones de los meniscos y de la superficie cartilaginosa y osteoartritis. Dos tercios de los pacientes con ruptura completa del LCA tratados conservadoramente quedan con inestabilidad crónica de la rodilla y daño secundario de los meniscos o del cartílago articular. El daño significativo a las estructuras articulares afecta la función de la rodilla y a menudo fuerza al paciente a disminuir su nivel de actividad y a cambiar de estilo de vida.

Se encontró que la ruptura del LCA lleva a una limitación de moderada a grave en la capacidad de caminar únicamente en el 31% de los pacientes; en otras actividades rutinarias de la vida diaria, en 44% y en las actividades deportivas, en el 77%. Además, se ha demostrado que el daño de las estructuras articulares de la rodilla como consecuencia de las lesiones del LCA y de los meniscos induce osteoartritis que puede afectar gravemente las actividades del paciente y limitar su independencia. (AE, 1985)

Se ha propuesto la regla de los tercios como base para aconsejar a los pacientes con ruptura del LCA; es como sigue: un tercio de ellos compensan adecuadamente y son capaces de seguir con actividades recreativas; otro tercio son capaces de compensar pero tienen que renunciar en forma significativa a esas actividades; los del tercio restante evolucionan desfavorablemente y requieren tardíamente la reconstrucción quirúrgica.

En la figura 2 se muestra la ruptura del ligamento cruzado.



2.4 Rehabilitación de ligamento cruzado anterior.

Al día siguiente de la intervención, asistido por un Fisioterapeuta. Deberá fortalecer la musculatura del muslo y la pantorrilla e intentar durante los primeros días extender por completo la rodilla y flexionarla más de 90°. Al mes puede ir en bicicleta y hacer natación.

Transcurren 5 o 6 meses hasta que el injerto implantado adopta las mismas características de un ligamento, por lo que no se pueden reanudar actividades deportivas de contacto (tenis, fútbol, esquí, danza, etc.) hasta entonces.

La Rehabilitación es un factor fundamental en la recuperación tras la intervención del LCA.

Los siguientes son los principios de tratamiento de las lesiones agudas del LCA: reducir al mínimo posible el edema y el dolor, restablecer el arco de movimiento, recuperar el control y la resistencia musculares y proteger la rodilla de una nueva lesión. Se debe iniciar precozmente la recuperación del arco de movimiento, procurando no aumentar el dolor y el edema. La persistencia de

estos últimos y la incapacidad para mejorar el arco de movimiento deben hacer sospechar una ruptura meniscal desplazada que amerita tratamiento quirúrgico. Para minimizar la atrofia muscular y la pérdida de fuerza se deben hacer ejercicios isométricos tempranos del cuádriceps, los flexores de la rodilla y el músculo gastrosóleo.(FisioHermes, 2012)

La recuperación de ligamento cruzado no se puede hacer menor al tiempo de 6 meses.

La figura 3 ilustra la rehabilitación física de un paciente lesionado.



Figura 3. Rehabilitación física de la lesión de ligamento cruzado anterior

2.5 Medicina, ilustración y animación digital.

Antiguamente, los médicos explicaban, a modo de conversatorio, todo el proceso por el cual los pacientes pasarían para la recuperación de tal o cual lesión. Esto no facilitaba el entendimiento del proceso, por lo cual se intentó mejorar la calidad de esta información mediante el uso de fotografías. Pero estas pasaron a ser también una herramienta de confusión, desconfianza y angustia ya que el paciente no poseía los conocimientos especializados para entenderlas.(Nucleus medical media, 2012)

Con el tiempo, los fisioterapeutas optaron por usar un maniquí (como se muestra en el Figura 4) y así intentar que el paciente pierda ese miedo o desconfianza. Sin embargo, esto resultaría también muy difícil para el paciente ya que no lograba visualizar de una manera adecuada las lesiones, puesto que demandan una observación más bien interna.



Figura 4. Maniquí de rodillas usado para enseñanza médica

Tomado de: (Dfisioterapia, 2014) <http://dfisioterapia.com/2014>

En la actualidad, ya es posible que los pacientes puedan mirar a través del modelado digital en 3D, cualquier tipo de lesión, tanto interna como externa, además del proceso de rehabilitación. (Figura 5)

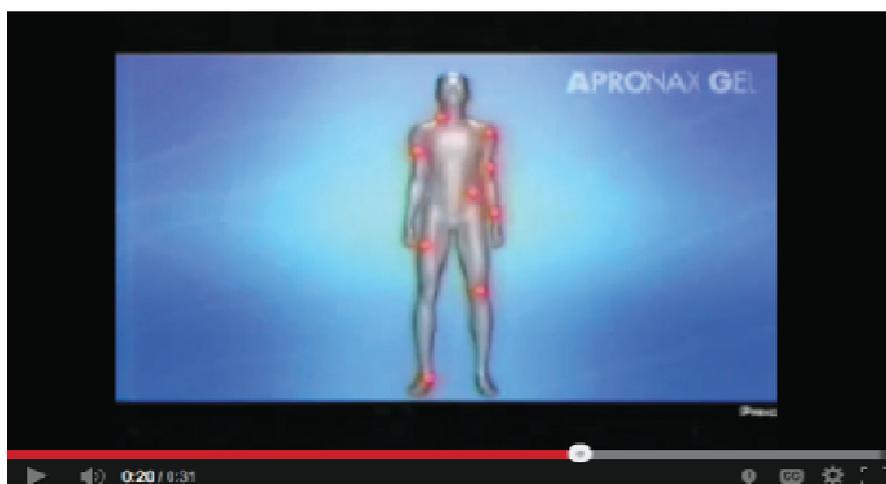


Figura 5. Comercial de apronax usando animación 3d

Tomado de: (Spotmania, 2008)

<https://www.youtube.com/watch?v=GX2YrEugaWA>

Gracias a estos avances tecnológicos, se crea en los pacientes mayor seguridad en los tratamientos realizados por los fisioterapeutas.

2.6 Principios de la animación 3D.

Una animación 3D hace referencia a un tipo de animación que simula las tres dimensiones, ancho, largo, alto.(Arenas, 2009)

Existen numerosos mecanismos a utilizar para llegar de una forma u otra a comprender las primicias de la animación en 3D, para ello debe de existir un bocetado de lo que se quiere hacer, partiendo de esto, se puede realizar una animación adecuada con la herramienta que se utilizará.

Los objetos se pueden animar en cuanto a:

- Transformaciones básicas en los tres ejes (XYZ), Rotación, Escala o Traslación. (Figura 6)
- Forma (shape): Mediante esqueletos: a los objetos se les puede asignar un esqueleto, una estructura central con la capacidad de afectar la forma y movimientos de ese objeto. Esto ayuda al proceso de animación, en el cual el movimiento del esqueleto automáticamente afectará las porciones correspondientes del modelo.
- Mediante deformadores: ya sean lattices (cajas de deformación) o cualquier deformador que produzca por ejemplo deformación sinusoidal. (figura 7).
- Dinámicas: para simulaciones de ropa, pelo, dinámicas rígidas de objeto.

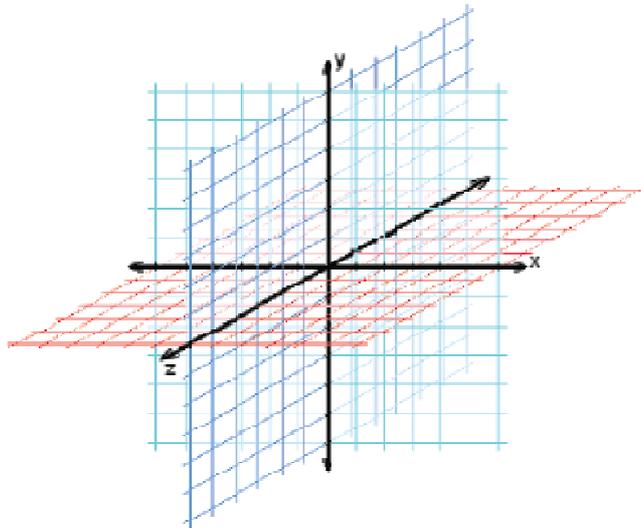


Figura 6. Ejes de Y, X, Z que forman las tres dimensiones

Tomado de: (Creation wiki, 2014) http://creationwiki.org/Lobes_of_the_brain

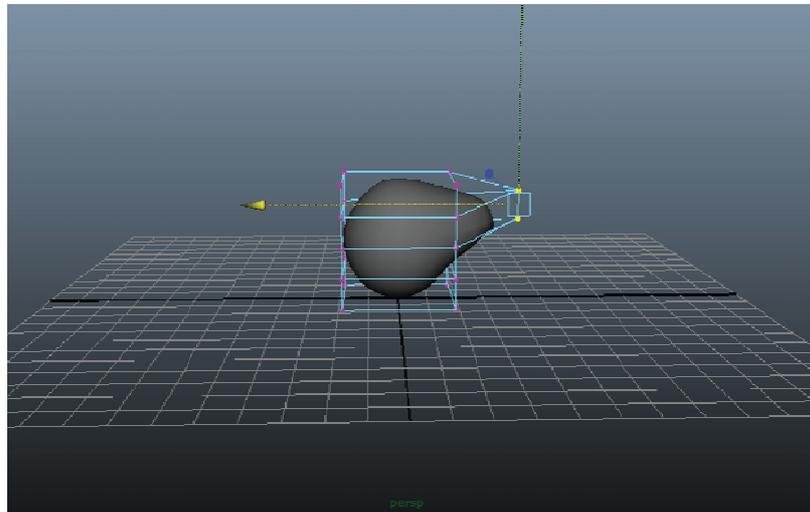


Figura 7. Deformador con lattice

La animación es muy importante dentro de los gráficos porque en estas animaciones se intenta realizar el propio realismo, por lo que conlleva a trabajosas horas de trabajo.

2.6.1 Creación de personajes.

Un personaje es un ente apto para elaborar acciones en una historia.

La creación de personajes cumple varias funciones y una de las principales quienes y como serán los entes y en qué espacio físico se desplazaran y conocer bien cada detalle de ello.

Los personajes son elementos muy esenciales y hay que generar una idea clara entre personajes y su entorno para mantener una continuidad narrativa.

Cuando se sabe las características del personaje de acuerdo a su interpretación se procede a diseñarlo.



Figura 8. Modelado de personaje en 3D

Tomado de: (Animum, 2014) <http://www.animum3d.com/blogs/el-crack-del-mes/modelado>

2.6.2 Modelado 3D.

El modelo en 3D describe un conjunto de características que frecuentan estar formado por objetos poligonales, texturas, sombras etc.

Para modelar un objeto en 3D ya debe existir la referencia de un personaje u objeto para poder moldearlo como está acordado y de aquí parte el inicio para la creación de la animación.

Existen diferentes programas y técnicas para el modelado de un personaje que dependen de cada agrado o necesidad.

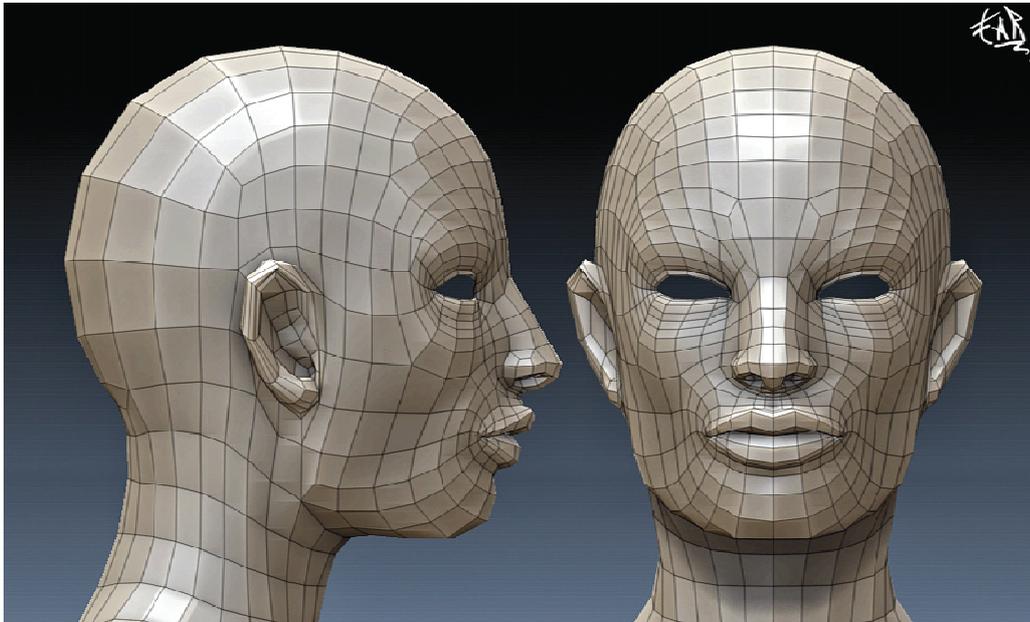


Figura 9. Modelado 3d

Tomado de: (Ditolak, 2010)

<http://www.taringa.net/posts/arte/8119239/Modelado>

Autodesk Maya trabaja con diferentes tipos de superficie, nurbs, polígonos y subdivisión de superficies.

Los nurbs, son figuras creadas a base de curvas. (figura 10)

Los polígonos, son los objetos más fáciles de modelar por su falta de complejidad y su mayor número de herramientas. (figura 12)

Las subdivisiones, son un híbrido entre las Nurbs y los polígonos. Sin embargo no se pueden modelar usando ambos estilos a la vez (figura 13)

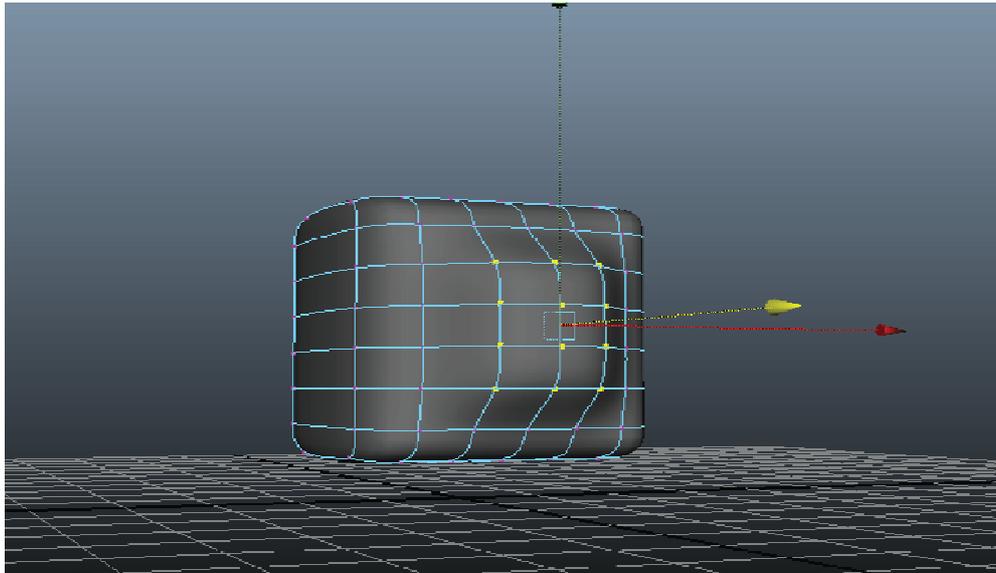


Figura 10. Control de vértices y nurbs

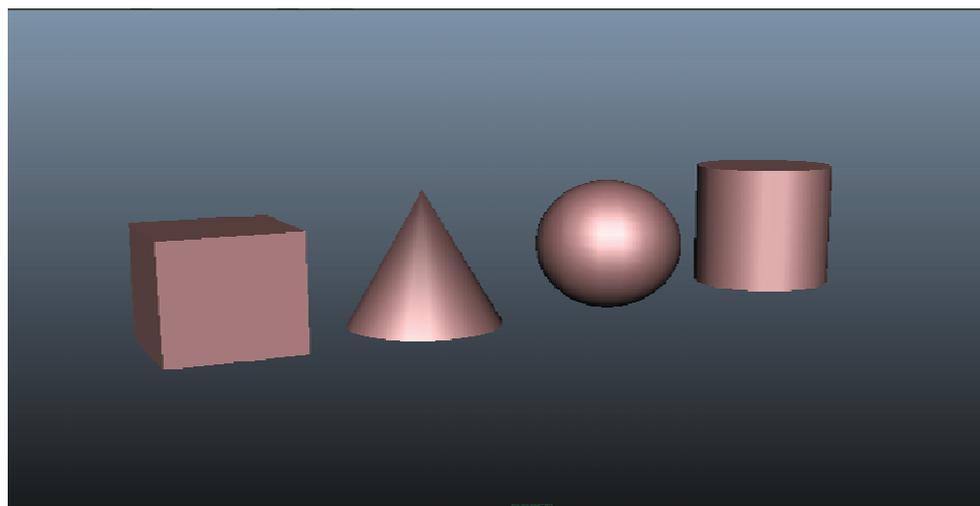


Figura 11. Polígonos

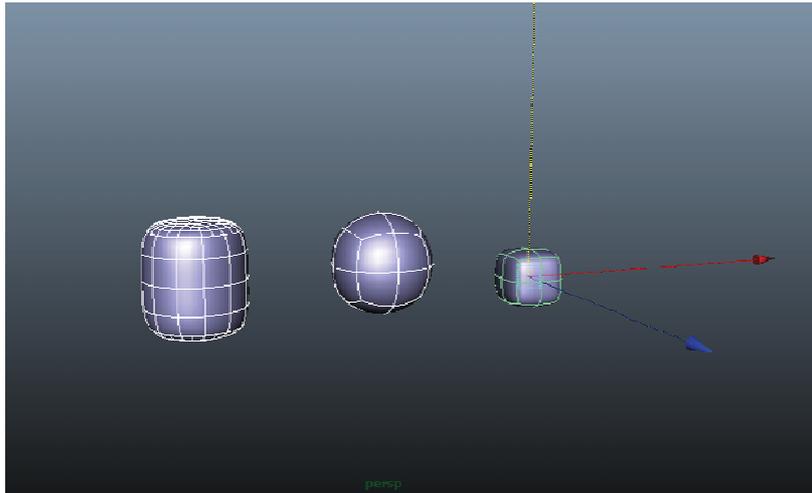


Figura 12. Subdivisiones

2.6.3 Texturas.

Los programas para 3D aportan enormemente a la creación de texturas visuales.

Trabajando con las texturas, podemos crear cualquier cosa que deseemos.

Para caracterizar la textura de una superficie de una imagen, se toma en cuenta la distribución de valores de intensidad del color a nivel espacial, permitiendo evaluar propiedades como: fineza, rugosidad, suavidad, granulación, aleatoriedad, etc.

La textura es un elemento que ayuda a identificar objetos o materiales y es muy necesaria para percibir el espacio, la profundidad y el volumen.

La textura es, junto con el tamaño y el color de los objetos, una de las principales fuentes de sensación de tridimensionalidad

Las texturas se pueden clasificar según su percepción.

Texturas visuales: que son las que se perciben a través de la vista y no tienen relieve. Estas son bidimensionales y suelen intentar imitar las texturas de los objetos reales para dar la sensación de viveza y realismo. (figura 13)



Figura 13. Texturas visuales

Tomado de: (Fotolog, 2010) <http://www.fotolog.com/texture/26387476/>

Texturas táctiles: estas poseen relieve. Son tridimensionales y se usan con más frecuencia. (figura 14)



Figura 14. Textura táctil

Tomado de: (Nat. T, 2010) <http://www.ejemplos10.com/e/textura-tactil/>

2.6.4 Iluminación.

La iluminación es probablemente la parte más importante de una escena, determina cual es el aspecto final, tanto si ha de ser realista como si queremos algo de fantasía o si simplemente debe ser técnico. Existen muchos profesionales dedicados en exclusiva a esta disciplina, por lo que podemos deducir que no es algo simple y hoy en día es algo muy apreciado en el mercado laboral.

Iluminación es la acción y efecto de iluminar. Este verbo hace referencia a alumbrar o dar luz y requiere siempre de un objeto directo, de algo o alguien a quien brindar su claridad. Se conoce como iluminación, por lo tanto, al conjunto de luces que se instala en un determinado lugar con la intención de afectarlo a nivel visual.

2.6.4.1 Tipos de iluminación en autodesk maya:

Luz ambiental: Las luces ambientales iluminan de forma uniforme todas las superficies de la escena, sin importar la posición de los objetos ni la fuente de luz (de hecho, no tiene fuente aparente). Es decir, emite luz en todas partes y en todas direcciones. Su efecto es, a grandes rasgos, como tener infinitas fuentes de luz en toda la escena. Para modelarla se establece una intensidad común para todos los puntos. En Maya, las luces ambientales pueden proyectar sombras (Ray trace shadows).

Este tipo de luz dista mucho de las que podemos ver en el mundo real y hacer un uso excesivo de ellas puede dar como resultado imágenes con color muy pálido o con una apariencia plana. Suelen utilizarse como una luz base para que todos los objetos tengan una ligera iluminación; para efectos más detallistas y específicos usaremos otros tipos de luces.

Luz puntual: Es uno de los tipos de luces más básicos. Como su nombre indica, se trata de un punto en el espacio que emite rayos en todas direcciones. Esta luz proyecta sombras; en algunos casos son demasiado "duras" con respecto a la realidad, así que para paliar ese efecto hay que usar otro tipo de luces a mayores. Es un buen tipo de luz para modelar una estrella o una luz incandescente.

Luz focal: En este tipo de luz, la luz comienza en un punto infinitamente pequeño y, a medida que nos alejamos del punto origen, la luz se expande en un volumen definido por un cono. A lo largo de un determinado rango de ese cono, la luz se proyecta uniformemente. Puede proyectar sombras.

Un ejemplo de este tipo de luz es la luz de una linterna, la de un faro o un flexo.

Luz de área: tipo de luz que se emite desde un área rectangular definida. Este tipo de luz es bastante realista; incorpora un efecto natural de desvanecimiento (sin tener activado el atributo DecayRate) y proyecta sombras que se suavizan. Estas ventajas tienen como contrapartida un tiempo de render mayor, así que es recomendable usarlas solo cuando sea realmente necesario.

Suelen usarse para simular la difusión de la luz reflejada desde una superficie; por ejemplo, en superficies amplias y muy iluminadas, como puede ser un techo o una pared.

Luz direccional: es una luz que emite rayos paralelos unos de otros; de esta manera simula de una forma aceptable la iluminación que nos llega del sol en la vida real. La localización de la fuente de luz en una escena no influye en como los objetos son iluminados; en cambio, sí importa el ángulo de dicha luz. Este tipo de luz es el que Maya establece por defecto cuando creamos una nueva escena.

Son de gran utilidad cuando necesitamos simular sombras proyectadas de un objeto distante, ya que éstas han de ser prácticamente paralelas (debido a la

distancia), cometido que cumplen a la perfección los rayos "paralelos" de este tipo de luz.

Luz volumétrica: se trata de unas luces que definen la iluminación en un determinado volumen; la intensidad de la luz será mayor cuanto más cerca del centro, mientras que disminuirá hacia los límites de dicho volumen.

Este tipo de luz es ideal para interiores, ya que nos interesa que la iluminación sea menos intensa en las zonas más alejadas de las fuentes de luz primarias.

2.6.4.2 Autodesk maya:

Autodesk Maya es un programa informático dedicado al desarrollo de gráficos en 3d, efectos especiales y animación.

Maya se caracteriza por su potencia y las posibilidades de expansión y personalización de su interfaz.

El programa posee diversas herramientas para modelado, animación, render, simulación de ropa y cabello, dinámicas (simulación de fluidos), etc. (agb2, 2013)



Figura 15. Programa para graficas en 3d.

Tomado de: (Autodesk, 2014) <http://www.autodesk.mx/products/autodesk-maya/overview>

2.6.5 Riggin o Esqueleto.

El rigging es el proceso por el que construimos un esqueleto con sus cadenas de huesos para que funcionen según nuestras necesidades. Esto puede ser un proceso muy simple o un trabajo endiabladamente enrevesado, no sólo porque haya multitud de cadenas sino porque esas cadenas pueden llevar implícitas restricciones. (Arzuza, 2011)

Rigging por lo general incluye la colocación de una estructura ósea subyacente para el modelo, que puede estar relacionado con los puntos de control que los animadores pueden utilizar para controlar la orientación de los brazos de un personaje, las piernas y la columna vertebral.

El riggin es un esqueleto digital unido a una maya 3D. Como un esqueleto real; este se compone de huesos y articulaciones, los cuales actúan cada uno como un manejador que los animadores pueden usar para doblarlo en la pose deseada.

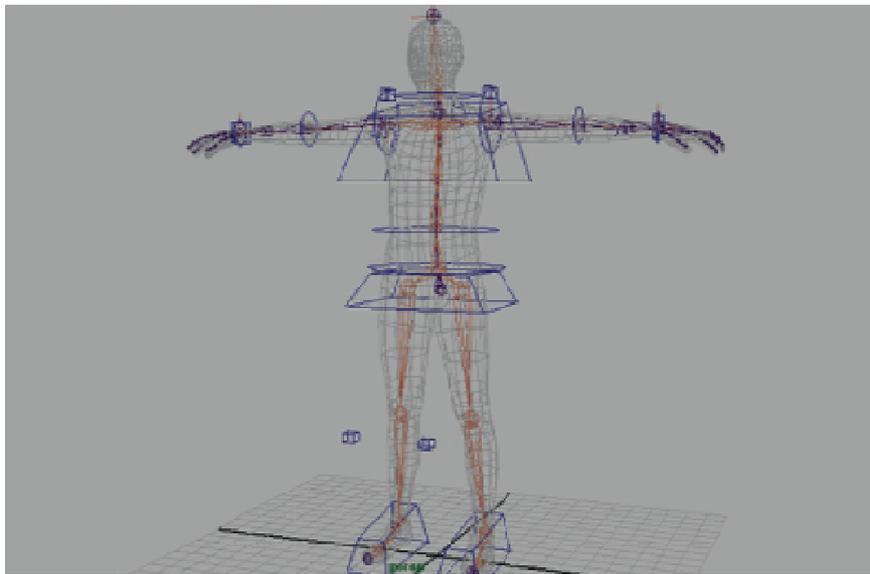


Figura 16. Esqueleto o rigging en un personaje

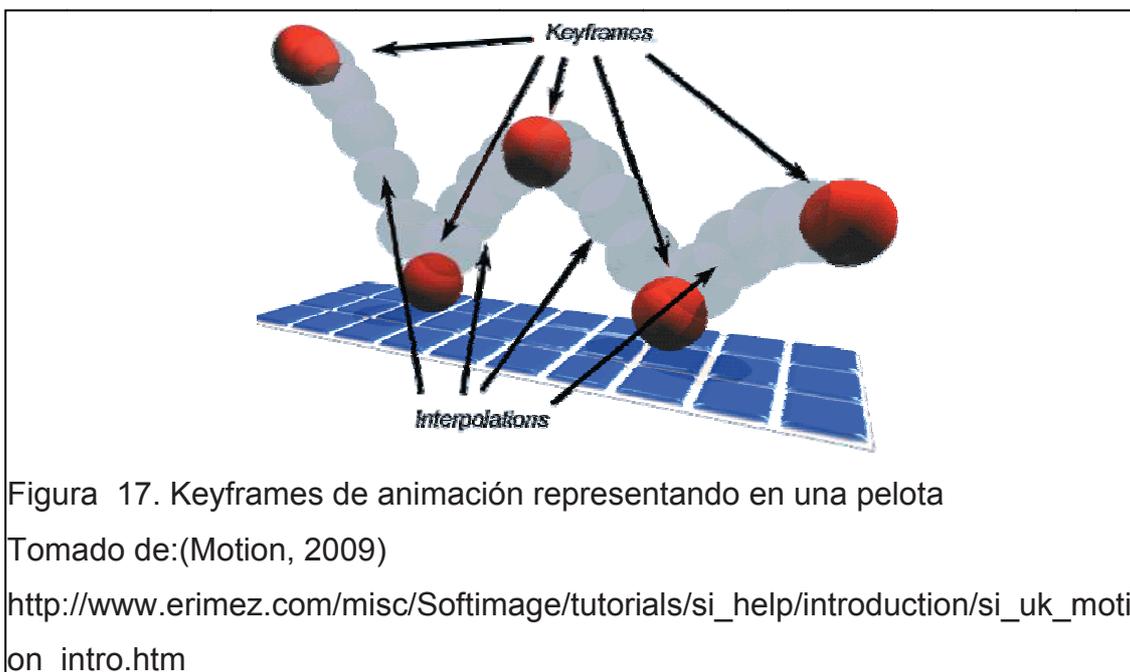
Tomado de: (Cg. Record, 2014)

<http://tutorials.cgrecord.net/search/label/Animation>

2.6.6 Keyframes o fotograma clave en la animación.

Es la forma más simple de animación de un objeto. Basado en la idea de que un objeto tiene un estado o condición de inicio y va a cambiar con el tiempo, en su posición, forma, color, luminosidad, o cualquier otra propiedad.

Los Keyframe toman la postura de que sólo tenemos que mostrar los cuadros "clave", o condiciones, que describe la transformación de este objeto, y que todas las otras posiciones intermedias pueden ser calculadas a partir de estos.



2.6.7 Render.

Es el proceso de generar una imagen o vídeo mediante el cálculo de iluminación a partir del objeto en 3D.

El renderizado es el paso final que se da para mostrar el acabado real con la calidad y texturizado que se deseaba. La mayoría de veces este suele demorar renderizando la imagen, pero eso influye mucho en la cantidad de polígonos, texturas e iluminación que hayamos incorporado en la escena.

3. PREPRODUCCIÓN.

En esta etapa se comienza la idea del proyecto siendo una fase larga y tediosa del todo el proceso, partiendo de la investigación para crear un producto eficiente, familiarizándose con el tema lo más posible para comenzar con el Guion y el storyboard preliminar del proyecto. Se destaca lo siguiente:

- Información: partir de lo que sabe la audiencia para enriquecer su conocimiento.
- Especificidad del personaje: definir la situación del personaje.
- Primera aproximación: entrevistas con los protagonistas.
- Visión de terceros: confrontar la primera versión con la versión de otros reportajes.
- Jerarquizar datos: concluir la búsqueda de información cuando sabe más que los demás.
- Conflicto: identificar el conflicto que mueve una historia y determinar el potencial narrativo de la misma. Seleccionar momentos claves de dicho conflicto.

3.1 Guion.

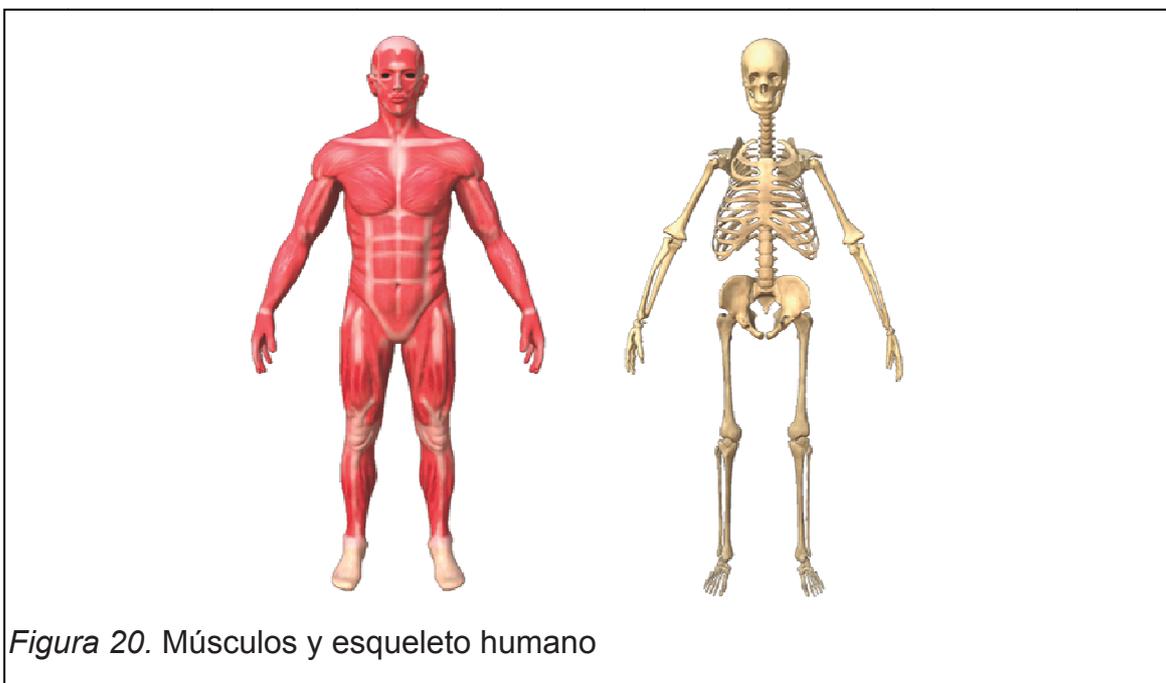
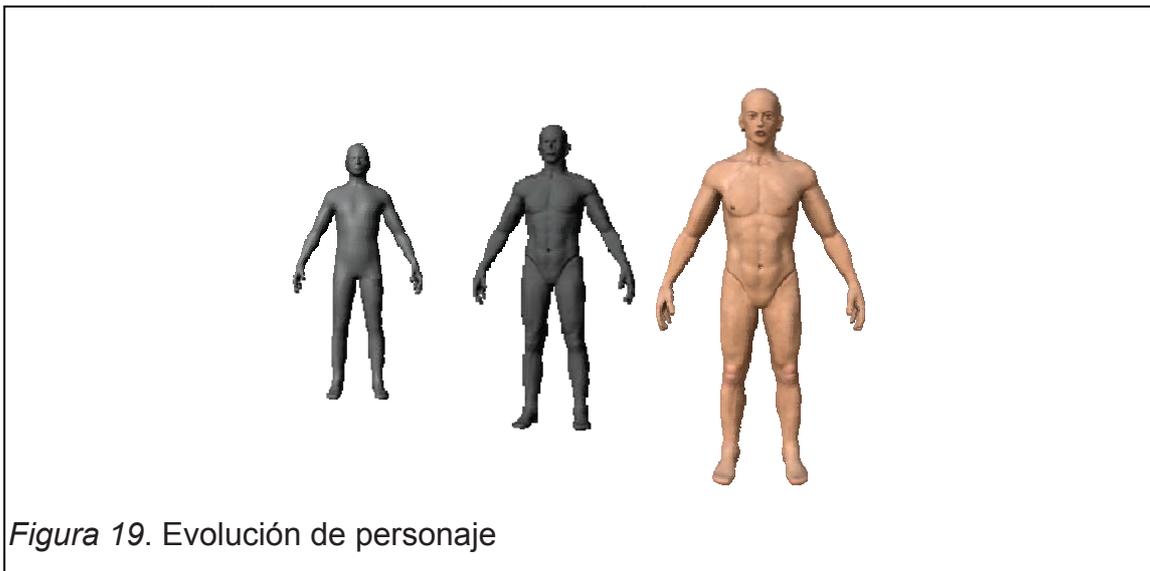
Guion, es un texto ordenado de la historia que se explica, con las ideas necesarias para su realización, que sirven como guía, explicando de forma definitiva las situaciones, las acciones y dialogo.

3.2 StoryBoard.

El storyboard es un conjunto de fotografías o imágenes presentadas en secuencia, con el fin de previzualizar la animación o cualquier otro medio gráfico o interactivo antes de que esté terminada, dejando en claro los detalles de las escenas. Con la realización de esto se saca mejor provecho al tiempo de producción.

3.3 Personaje.

Llegando en esta fase de la creación por ser algo medico se realizó una figura humana tal como es, sin necesidad de que tenga una característica propia ya que el personaje viene generalizado.



4. PRODUCCIÓN.

Una vez que el Storyboard y los personajes estén listos y definidos se procede a la producción de dicha animación. En este proceso se realiza el animatic, el modelado, color y textura, iluminación, rigging, animación.

En la producción son importantes los siguientes detalles:

- Respetar al personaje-temática-idea: significa negociar espacios, preguntas, enfoque y visualidad.
- La cámara es un dispositivo sensible: contempla, observa, interviene, nunca se roba el protagonismo.
- El periodista sabe escuchar, observar, sentir la temática: es un impulsor de la movilidad de la historia.
- Las tomas de apoyo: deben estar en relación con lo dicho por el personaje.
- Hay que ubicar a la audiencia: frente a la posición visual del periodista, el entrevistado y el escenario.

4.1 Animatic.

Aquí se plasman todos los cuadros realizados en el storyboard, mostrando un referente de lo que será la animación final. El animatic se convierte en el marco o el esqueleto de la película.

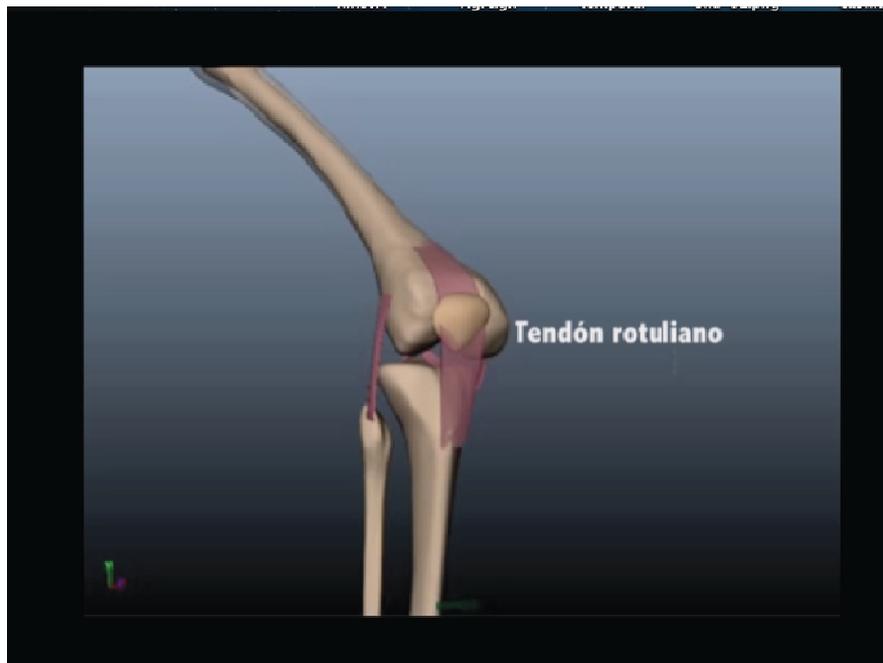


Figura 21. Video de animatic

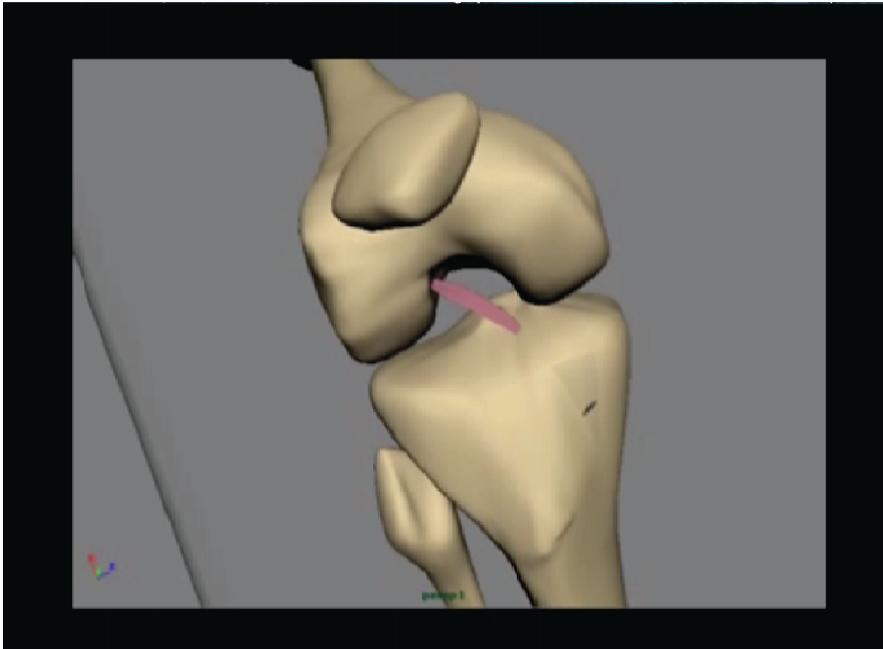


Figura 22. Video de animatic

4.2 Modelado

El modelado del personaje y sus partes a ser mostradas se trabajaron en Autodesk Maya, y posteriormente se detalló cada parte en Mudbox para darle mayor realce.

4.2.1 Maya

Para modelar en Maya se parte desde un polígono, Nurbs o subdivisiones.

Se coloca una imagen de guía de forma frontal y lateral en el programa Autodesk Maya, para poder observar toda la estructura de los huesos.

La estructura ósea partió de polígonos, en estos se va haciendo extrudes y moviendo vértices, los cuales van creando y construyendo mayor geometría. Luego pasa a subdivisiones para ir formando al personaje final que está planificado, la geometría se puede suavizar con la herramienta de "Smooth" (suavizado) para que sus bordes estén más redondeados. (figura 24)

La parte de la escenografía se creó con diferentes superficies, polígonos y Nurbs. (figura 25)

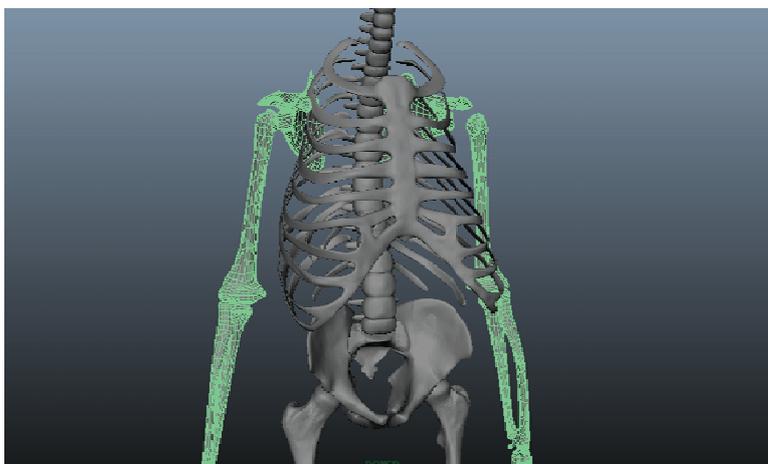


Figura 23. Geometría de huesos



Figura 24. Modelo de escenario de cuarto de terapia

4.2.2 Mudbox.

Este programa proporciona un estilo de modelado 3D basada en pinceles que proporcionan y ayudan el desarrollo creativo.

Tiene la capacidad para crear recursos orgánicos e inorgánicos dando un gran detalle de un modo más rápido.



Figura 25. Programa de autodesk muudboox

Tomado de: (Autodesk, 2013)

<http://www.autodesk.com/products/mudbox/overview>

4.3 Color.

4.3.1 Color en mudbox .

El autodesk mudbox tiene una variedad en la manera de aplicar pintura contando con mapas UVS ; Con la herramienta de pincel creamos capas de pintura sobre el personaje dándole forma en los que es la tonalidad, e ir cambiando el tamaño de la brocha y modificando el "Strength" que es la fuerza con la que se aprieta y se da más o menos intensidad en el color.

Herramientas de pintura.

- Paintbrush (herramienta de pincel)
- Projection.
- Clone.
- Blur.
- Dodge.
- Contrast.

Se aplicaron una variedad de tonos y texturas, para la piel, los huesos y los músculos, comenzando con una tonalidad de base y posteriormente creando el detalle con tonalidades altas y bajas.

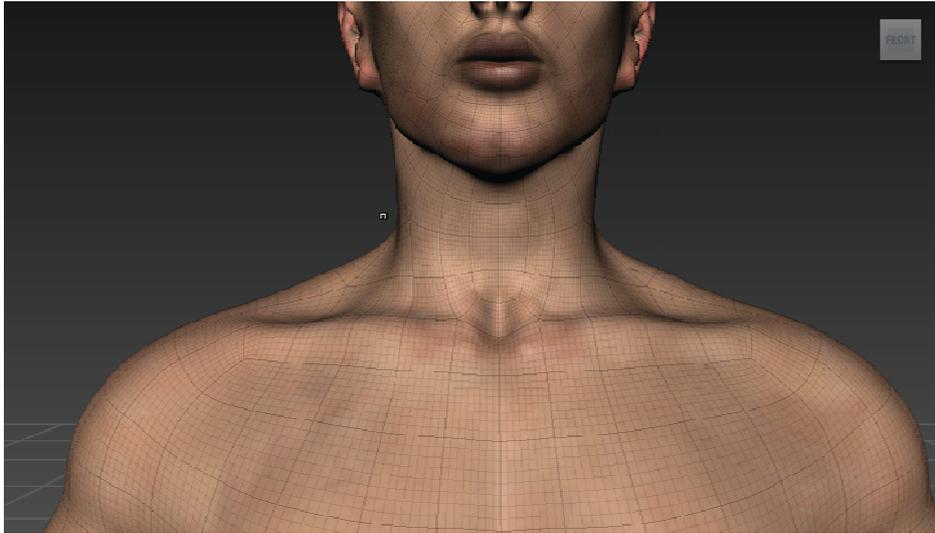


Figura 26. Aplicación de color en cuerpo, con autodesk mudbox

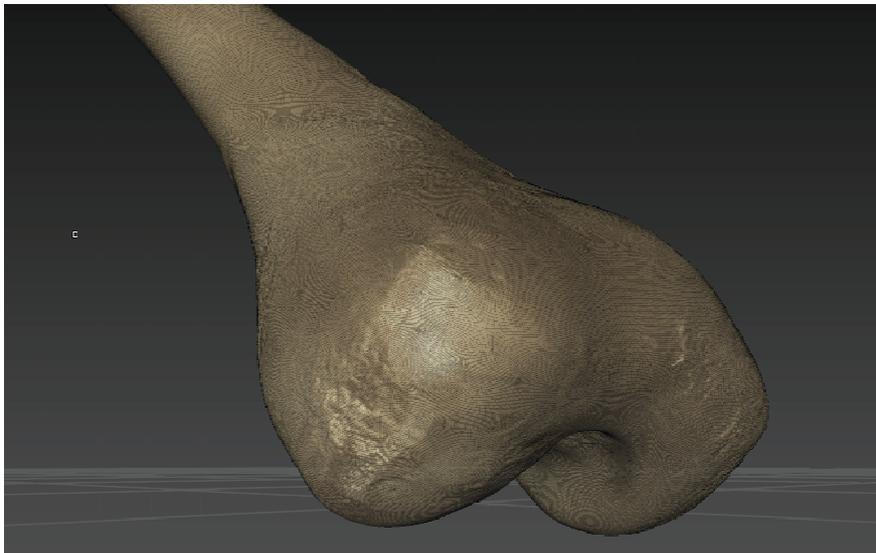


Figura 27. Aplicación de color en huesos, con autodesk mudbox

4.4 Iluminación.

El proceso de iluminación se realizó en Autodesk Maya, el cual permite crear diferentes tipos de luces y modificar sus atributos como la intensidad, el alcance, sombras y mucho más, dependiendo de cómo es la escena que vamos a iluminar se escogen solo las luces que sean necesarias e importantes para no sobrecargar la iluminación y estar ir modificando hasta conseguir lo deseado.

Para el personaje, los huesos y músculos se usaron 2 tipos de luces, Luz direccional, e iluminación con HDRI.

4.4.1 Iluminación con HDRI.

El HDRI da luz a los objetos por medio de una fotografía, Mediante el uso de información de contraste en una imagen HDRI, puede generar luz basados en esta.

Cuando se crea el HDRI se toman las fotografías con diferentes tipos de exposiciones de objetos sin movimiento, luego están se funden creando una sola fotografía. (figura 28)

Hay dos tipos de imágenes HDRI empleados para la iluminación de un escenario digital: esféricas y angulares. Angular es el tipo que se produce cuando se utiliza un balón de cromo. HDRI esféricas son más como imágenes de panorámica. Como en este caso. (figura 29)



Figura 28. Fotografía HDRI

Tomado de:(Maxcis, 2014) <http://macsix.deviantart.com/art/Anvil-Spherical-HDRI-Panorama-Skybox-416317312>

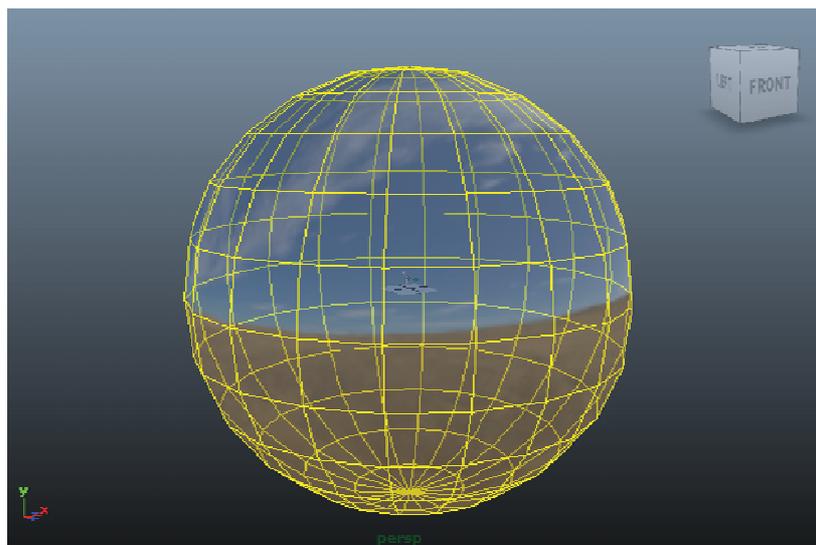


Figura 29. Uso de HDRI en autodesk maya

4.5 Rigging.

Aquí se procede a construir el esqueleto el cual va a servir para los movimientos del cuerpo, esto está conformado por enlaces y conjunturas las cuales se denomina joints (figura 30).

Para que los movimientos tengan mayor control se creó IK HANDLES en las conjunturas o joints de las piernas, ayudando a guiar mejor el movimiento.

En el resto del cuerpo se crean controladores en cada una de las articulaciones para guiar el movimiento.

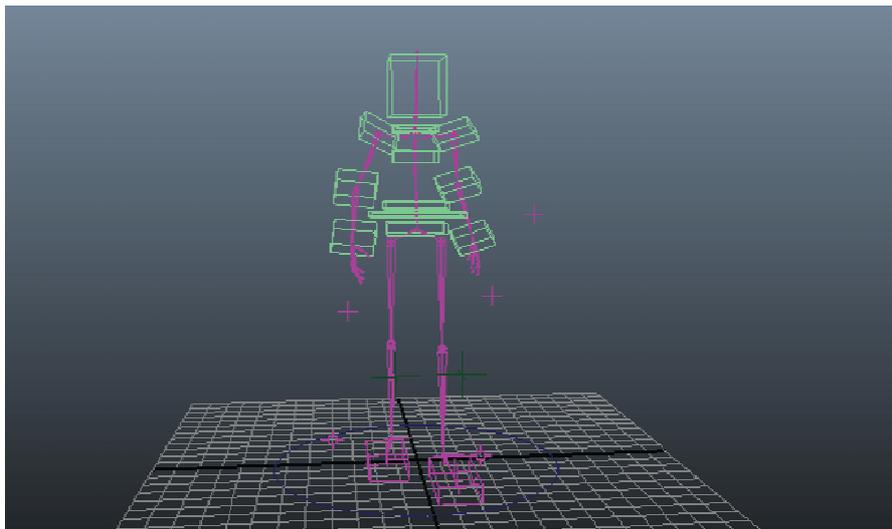


Figura 30. Rigging del esqueleto

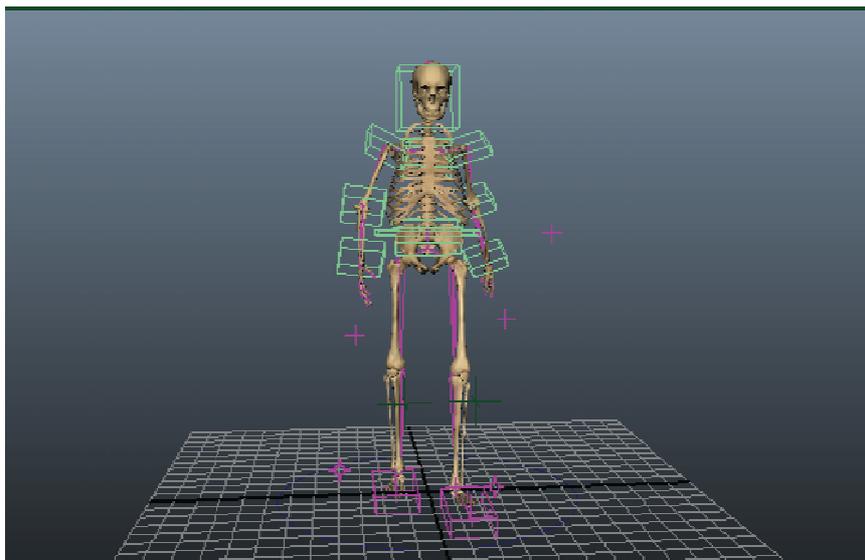


Figura 31. Rigging del esqueleto

4.6 Animación.

Cuando el esqueleto y sus controladores estén listos la animación comienza, anteriormente se realizo un animatic, este nos guiara cómo será la animación y el tiempo a durar. Debemos fijar en la animación las poses clave que definirán el movimiento.

Para la animación de la caminata es muy importante partir de una referencia actuada e ir tomando el tiempo con un cronometro para tomar el tiempo.

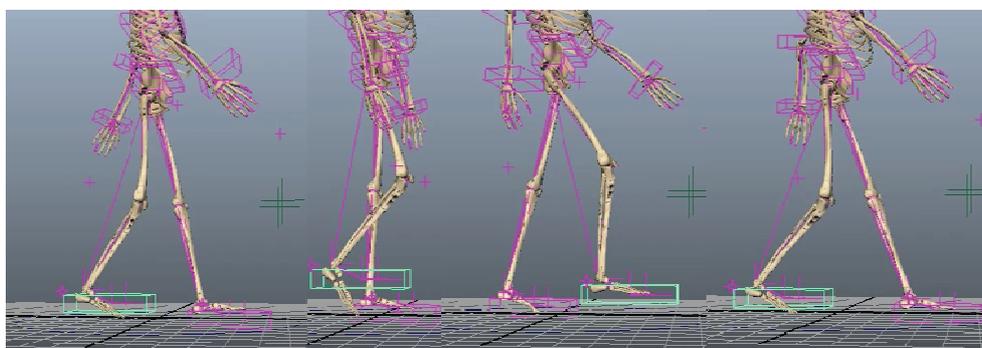


Figura 32. Animación esqueleto

4.7 Render.

El render final en el programa autodesk maya se da cuando ya está listo toda la animación con sus respectivas iluminaciones de escenarios contando que todos este bien para pasar a la edición de toda la animación.

Para el render se utilizó mental ray, con una resolución de 1280 x 720 (HD).

5. POSTPRODUCCIÓN.

Esta es la última etapa en la que se realiza la finalización del producto audiovisual, en la cual implica la realización de la edición, sonorización y efectos especiales.

Todo este proceso se lo realizó con el programa Adodeaftereffects.

5.1 Adobe Aftereffects.

Adobe AfterEffects es una herramienta de postproducción desarrollada por Adobe que permite al usuario componer efectos especiales en sus vídeos y obtener resultados profesionales. Este software puede utilizarse para crear múltiples efectos visuales, motiongraphics o grafica de movimiento, animaciones y otras técnicas de acabado como etalaje (corrección de color). Este programa también se puede utilizar como un editor de vídeo no lineal. (PHPNUKE, 2013)



5.2 Edición y efectos especiales.

Aquí se unen todas las escenas de la animación, luego se editan y se van aplicando todos los efectos que sean necesarios para cada escena, como los textos, transiciones, algunas correcciones de luz.

Se utilizaron varios efectos como, distorsión de lente para los textos, magnificación de partes para un plano de detalle, y entre ellos efecto de brillo (glow) con máscara.

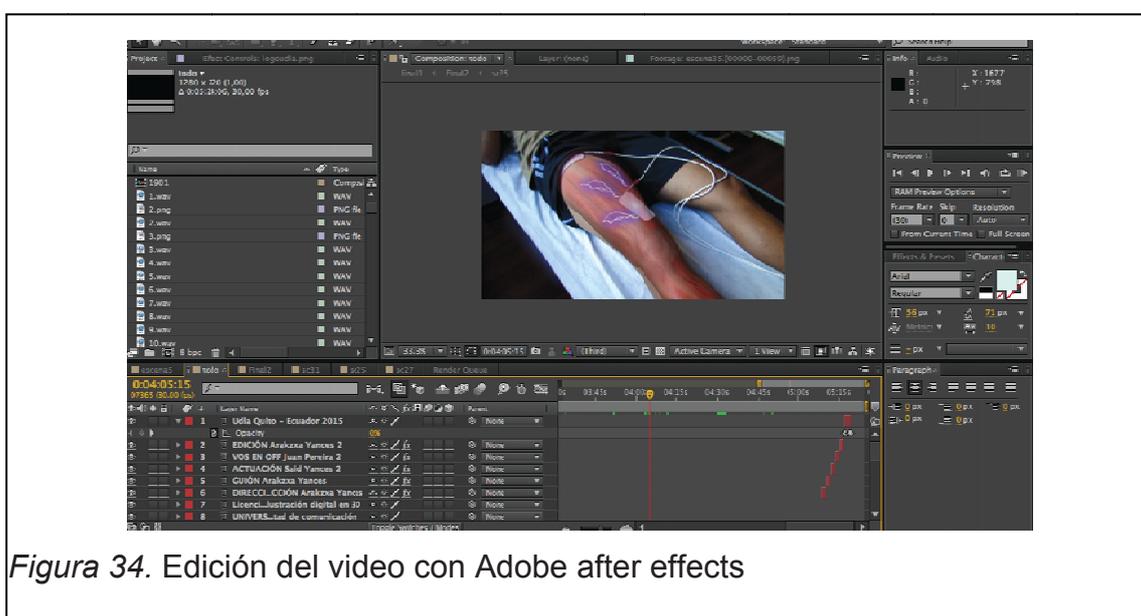


Figura 34. Edición del video con Adobe after effects

5.3 Sonorización.

La última fase de tal proyecto es la sonorización, donde se realizó una narración en off, enfocándonos únicamente de manera explicativa las imágenes que transcurren en el programa de edición de audio Adobe audition.

Después se realizaron algunos arreglos en el sonido, para luego ser pasada al programa de edición after effects, en el cual se empata el audio con el video.

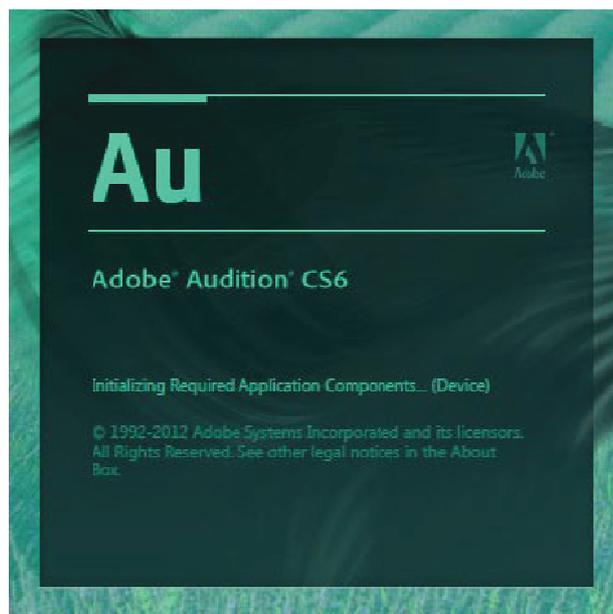


Figura 35. Editor de audio, adobe audition

Tomado de: (Adobe, 2014) <https://creative.adobe.com/es/products/audition>

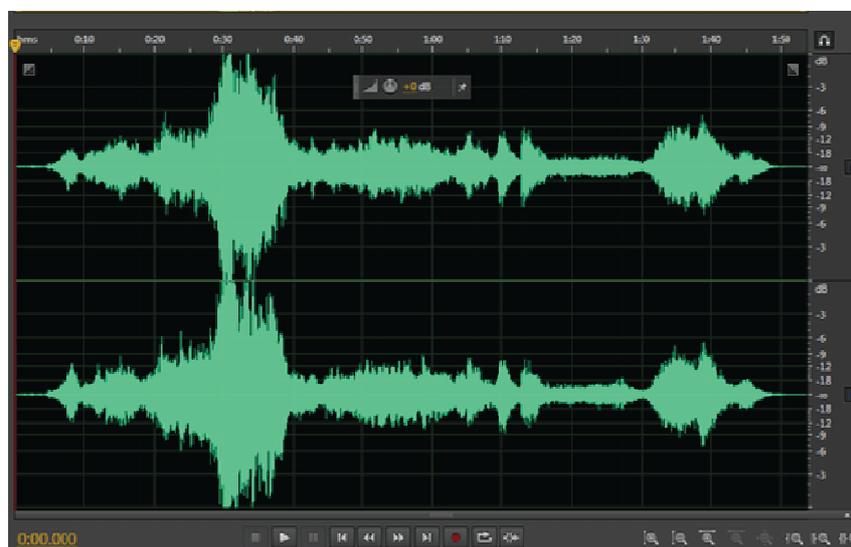


Figura 36. Grabación de audio en adobe audition

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 Conclusiones

- Después de haber realizado las respectivas investigaciones para determinar cómo es una lesión de ligamento cruzado anterior de rodilla y su posterior recuperación, se pudo corroborar que es posible realizar una animación digital en 3d y que se puede utilizar como herramienta para dar explicaciones detalladas a los pacientes que han sufrido este tipo de lesiones.
- Las animaciones de casos de lesiones y similares, no son comunes por lo que su introducción en el ámbito de la fisioterapia se convierte en un prototipo de animación que se puede desarrollar para casos de fracturas y lesiones más complejas.
- La animación es una representación que da una sensación de realidad permitiendo demostrar de manera armónica cualquier proceso, ayudando a explicar el proceso de recuperación de lesiones, siendo más convincente en los pacientes con este tipo de problemas.
- Mediante esta investigación se pudo observar que en la actualidad no existen diseños de representación en 3D, por lo que el material audiovisual destaca los principales pasos de realización del material de manera didáctica, para posibles profundizaciones en el tema.

6.2 Recomendaciones

- Utilizar la animación 3D no solo en el Centro Médico de Rehabilitación Física “Fisiodeport”, sino en todos los centros de fisioterapia, en concordancia con el proceso de profesionalización y alta calidad de servicio que exige cada día el mercado.
- Potenciar el desarrollo de animaciones para casos similares que requieran un proceso de rehabilitación física, dando mayor confianza a los pacientes y seguridad a los especialistas en fisioterapia, ya que no se está cambiando las técnicas actuales, sino afirmando el proceso de rehabilitación.
- Considerar la posibilidad de ampliar el proyecto durante un lapso de tiempo más prolongado, tomando en consideración el comportamiento de las profesionales y pacientes, para obtener mayor información de la realidad que existente y las necesidades a todo nivel.
- Difundir el proyecto de simulación en 3D no solo a nivel del sector privado, sino en entidades públicas de la localidad y a nivel nacional, contribuyendo a que el beneficio se amplíe, para futuras demostraciones de todo tipo de lesiones.

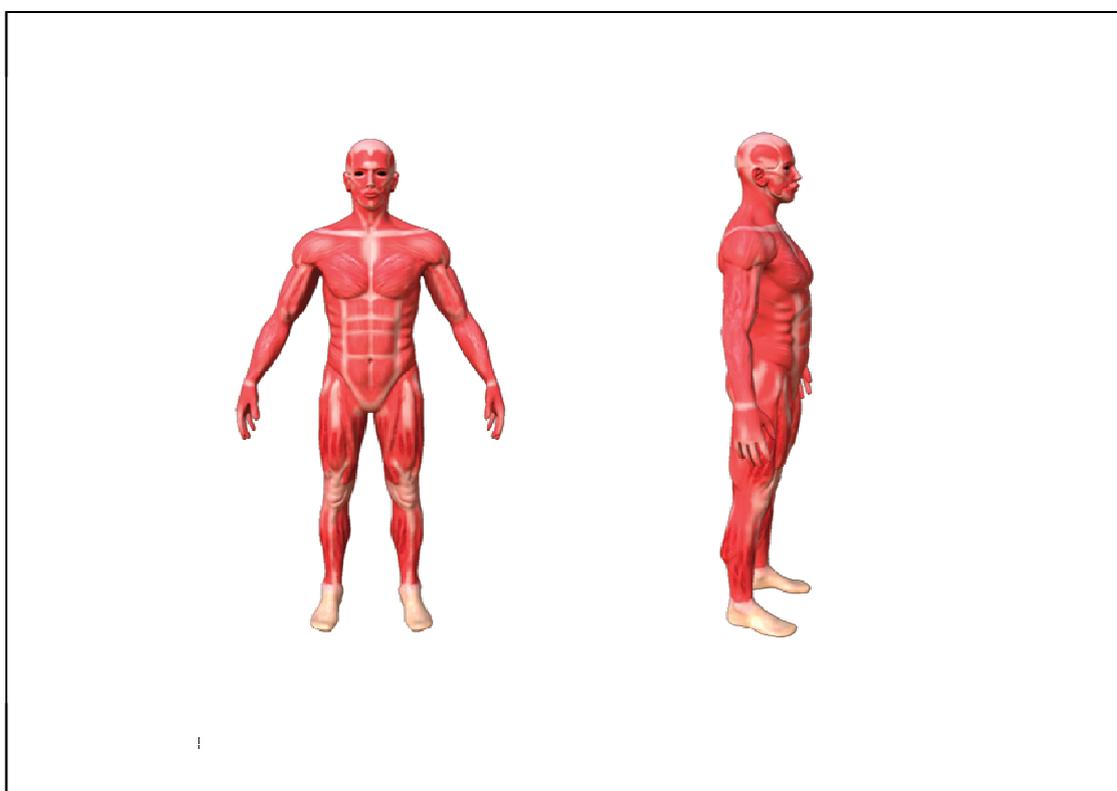
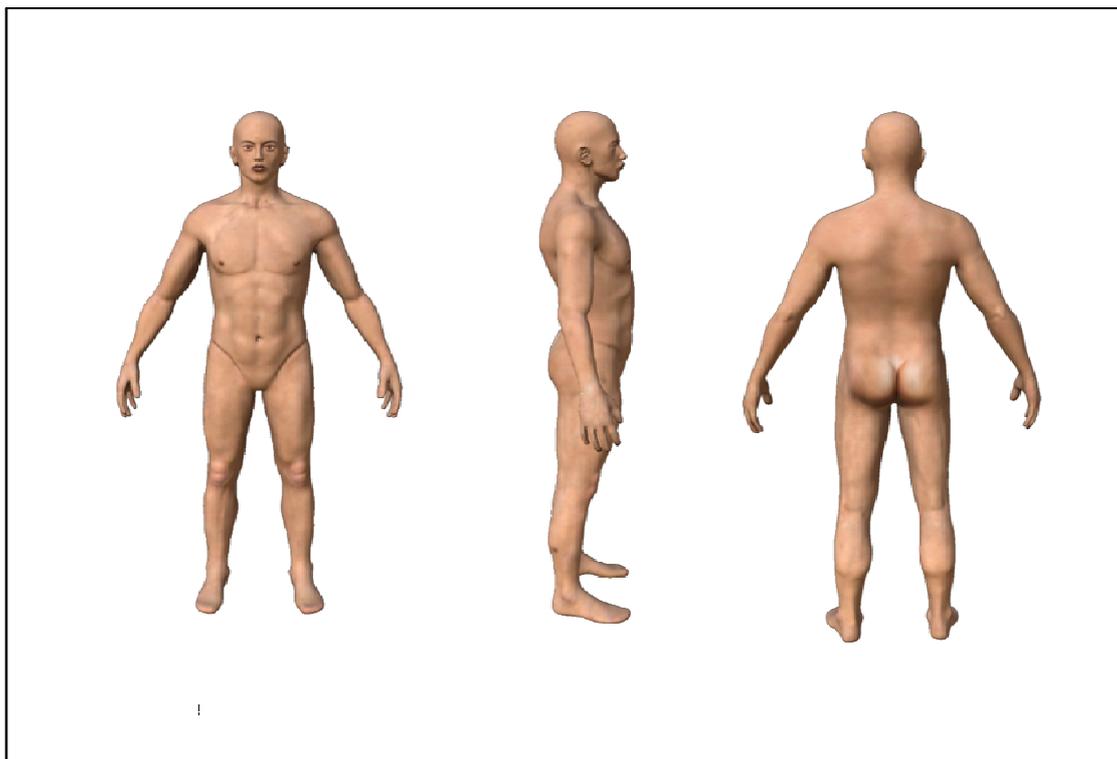
REFERENCIAS

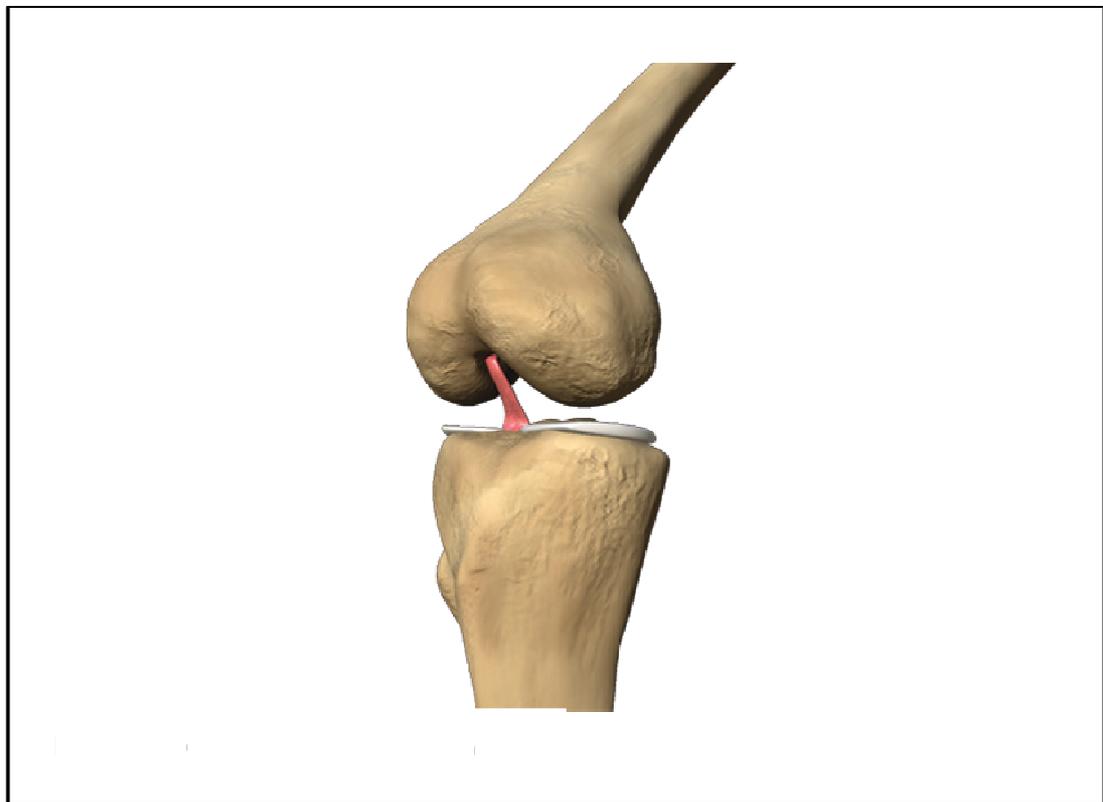
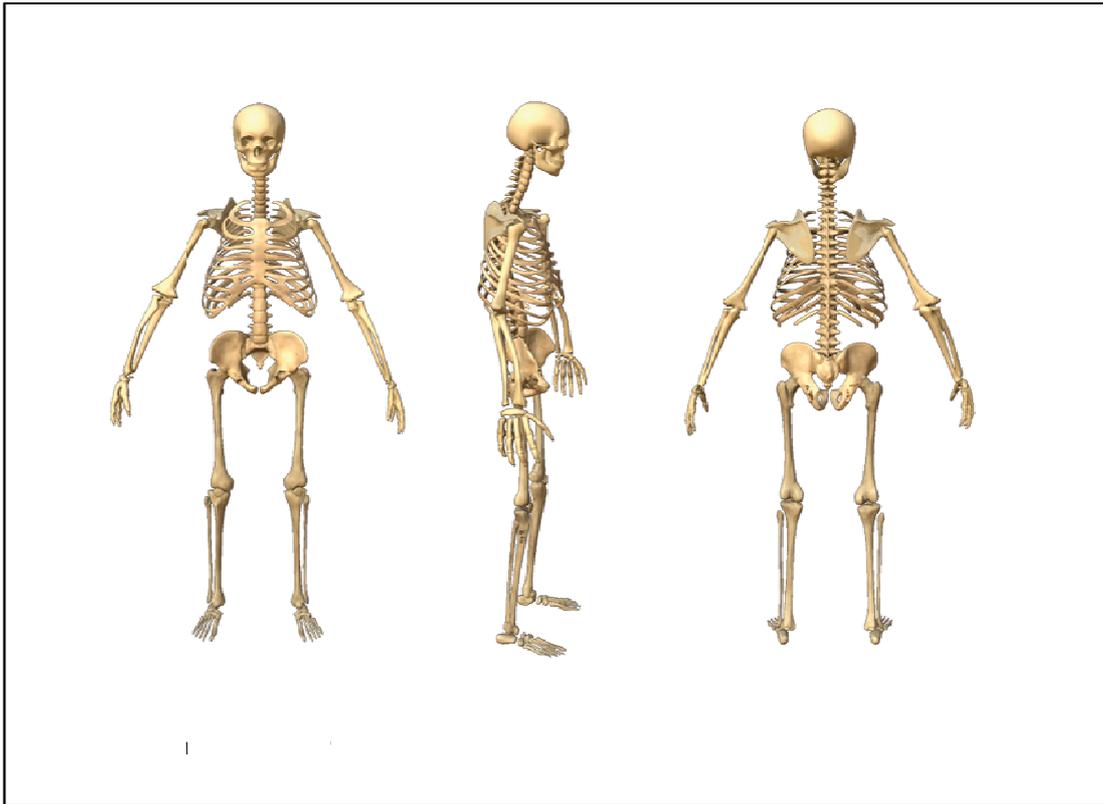
- AE, E. (1995). *Berg EE. Embryology*. Recuperado el 22 de marzo 2014 de:
<http://jbjs.org/content/jbjsam/67/2/257.full.pdf>
- agb2. (2013). *ecured.cu*. Recuperado el 10 de Julio 2014 de:
<http://www.ecured.cu/index.php/Autodesk>
- Arenas, L. M. (2009). *introduccion a la fotografia cientifica*. Recuperado el 17 de Febrero 2014 de: http://www.difo.uah.es/curso/la_iluminacion.htm
- Arzuza, j. (2011). *Johan arzuza*. Recuperado el 16 de Junio 2014 de:
<http://www.artzuza.com/2011/04/character-animation-technical-director.html>
- autodesk. (2012). *autodesk*. Recuperado el 20 de Mayo 2014 de:
<http://www.autodesk.mx/products/autodesk-maya/overview>
- Adobe (2014). Adobe creativeaudition Recuperado el 26 de junio 2014 de:
<https://creative.adobe.com/es/products/audition>
- Bernal Vicente clínica. (2014). Lesión de ligamento cruzado. Recuperado el 02 de mayo 2014 de: <http://clinicabernalvicente.com/es/?p=159>Arenas, L. M.
- Colegio Valdeluz. (s.f). *Lesiones Deportivas*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2013, de http://colegio-valdeluz.com/images/pdf/eso/efi4_lesiones.pdf
- Clínica Medicina Deportiva. (2008). *Medicina Deportiva*. Recuperado el 24 de Septiembre 2013 de:
http://www.clinicamedicinadeportiva.com/index_archivos/ligamentocruza doanterior.htm
- Creation wiki (2014). Lobes of thebrain. Recuperado el 02 de mayo 2014 de:
http://creationwiki.org/Lobes_of_the_brain
- Dfisioterapia (2009). *Esqueleto de articulación de rodilla*. Recuperado el 03 de Febrero 2014 de: <http://dfisioterapia.com/2014>
- Ditolak (2010).modelado 3D torso femenino. Recuperado el 10 de marzo 2014 de:<http://www.taringa.net/posts/arte/8119239/Modelado-3D-de-torso-femenino-en-Zbrush-4.html>

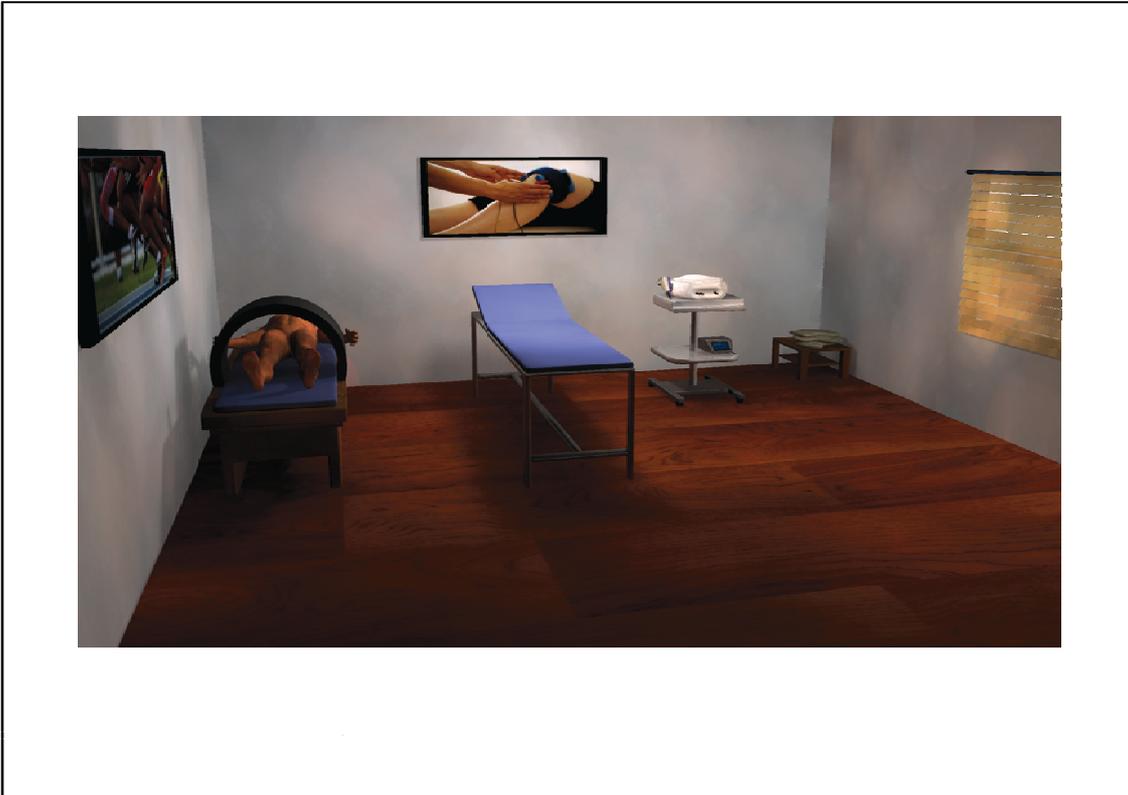
- Design. (s.f.). *elements and principles of visual desingn*. Recuperado el 14 Agosto 2014 de: <http://nwrain.net/~tersiisky/design/texture.html>
- Hurtado, M. (2011). *Universidad Autónoma de México*. Recuperado el 24 de Marzo 2014, de:
http://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa4/actividad_fisica/Lesiones.pdf
- Fisio Hermes. (2012). *clinfafisioterapiahermes*. Recuperado el 28 de Enero 2014 de:
<http://clinfafisioterapiahermes.blogspot.com/2013/04/hablemos-de-ligamentos-2-ligamento.html>
- Fotolog (2010). Textura visual. Recuperado el 05 de mayo 2014 de:<http://www.fotolog.com/texture/26387476/>
- Macsix (2014). Sphrical Hdri panorama skybox. Recuperado el 23 de Mayo 2014 de: <http://macsix.deviantart.com/art/Anvil-Spherical-HDRI-Panorama-Skybox-416317312>
- Management Clinical*. (2009). Recuperado el 24 de Junio 2014 de www.cks.library.nh#sthash.W1ojdHsJ.dpuf
- Massachusetts General hospital. (2009). *youtube*. Recuperado el 28 Abril 2014 de: <http://www.youtube.com/watch?v=SiZcPSJSwpo>
- Medlineplus. (2013). *medlineplus*. Recuperado el 22 de Septiembre 2014 de:
http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_presentations/100230_2.htm
- Nat. T (2012). Textura táctil. Recuperado el 05 de mayo 2014 de:<http://www.ejemplos10.com/e/textura-tactil/>
- Nucleus medical media. (2012). *Nucleus medical media*. Recuperado de 03 de Mayo 2014 de: <http://www.youtube.com/watch?v=wcxs0MvOgmY>
- PHPNUKE. (2013). *PHP NUKE.org*. Recuperado el 20 de Enero 2014 de:
<https://www.phpnuke.org/es>
- ReflexClinic. (2011) Knee injection. Recuperado el 19 de diciembre 2013 de:<https://www.youtube.com/watch?v=m2qJMbzWA3w>
- salud, m. (s.f.). *mision salud* Recuperado el 03 Junio 2014 de: :
<http://misionsalud.com/inicio/page>

- Spot Mania (2008). *Apronax*: Recuperado el 04 de Abril 2014 de:
<http://www.youtube.com/watch?v=GX2YrEugaWA>
- Urbano, J. (2010). *blog de diseño*. Recuperado el 05 de Febrero 2014 de:
<http://www.jhonurbano.com/>
- University (2011). *of maryland medical center*. Recuperado el 03 de Marzo 2014 de:
<http://umm.edu/health/medical/spanishency/images/lesion-del-ligamento-cruzado-anterior-lca>
- University of Toledo medical center. Recuperado el 25 de Abril 2014 de:
<http://www.youtube.com/watch?v=SnfEmezg7eY>
- vidas saludables. (s.f). *vidas saludables*. Recuperado el 28 de Mayo 2014 de:
<http://www.vidassaludables.net/fisioterapeutas-y-rehabilitacion>
- voltaren. (2010). *youtube*. Recuperado el 06 Abril 2014 de:
http://www.youtube.com/watch?v=KY_OfVcCFew
- welsh, C. (2010). *livestrong.com*. Recuperado el 20 de Marzo 2014 de:
<http://www.livestrong.com/myplate/dashboard/track/>
- Warlock H. (2011). *Dibujando*. Recuperado el 01 de Mayo 2014 de:
http://es.wikipedia.org/wiki/Adobe_After_Effects

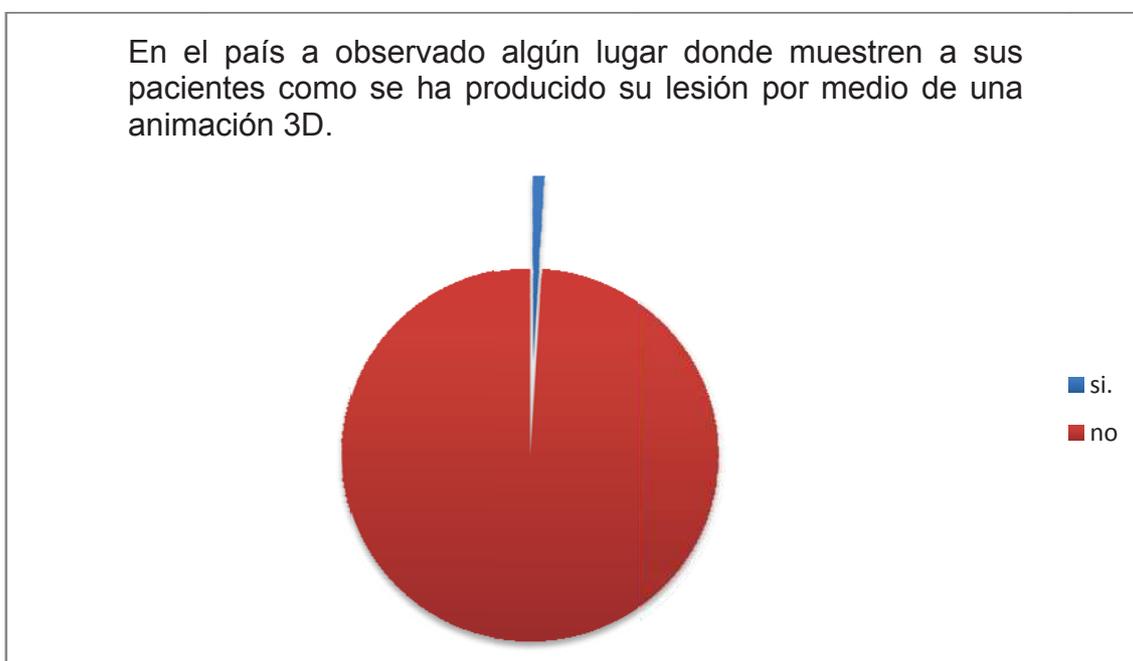
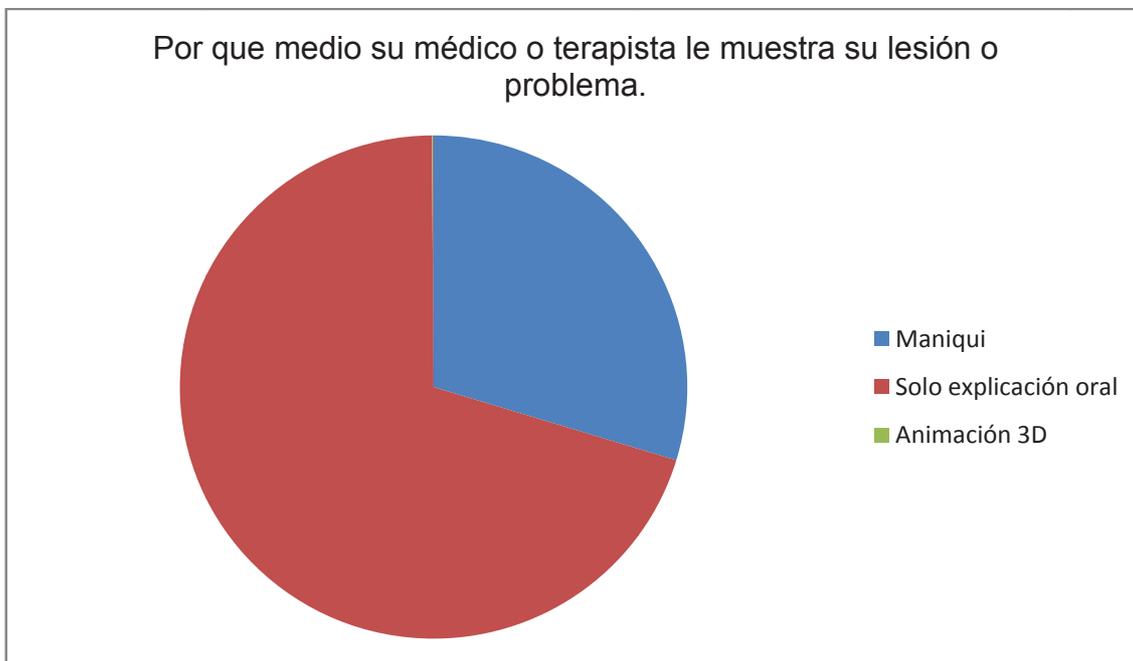
ANEXOS

Anexo 1. Render de personaje.

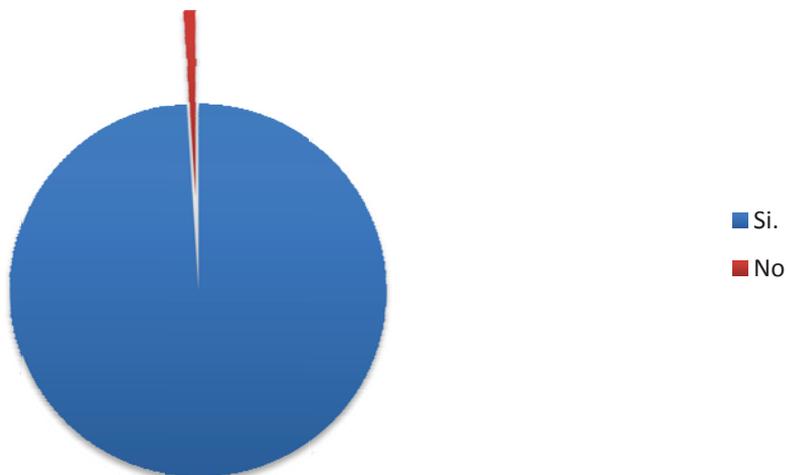




Anexo 2. Encuesta realizada a 100 personas en la ciudad de Quito, en diferentes centros de terapia física.



Le gustaría que su medico le muestre una guía audiovisual, como la animación 3d, siendo ésta clara y rápida, para mostrarle su lesión.



Cree usted que esto facilitara su entendimiento antes de realizar su tratamiento?.

