



**PROYECTO DE GRADO II**

**Análisis de factores biomecánicos  
Para prevenir lesiones en el rugby**

**Julián bolívar - óscar Ramírez**

**Tutor:  
Héctor mejía**

**UNIVERSIDAD ICESI  
2014**

# Tabla de contenido

- 1 situación problema
- 2 pregunta de investigación
- 3 objetivos de la investigación
  - 3.1 objetivo general
  - 3.2 objetivos específicos
- 4 justificación
- 5 hipótesis
- 6 categorías de análisis
- 7 El Rugby
  - 7.1 El terreno
  - 7.2 tipos de jugadores
  - 7.3 modo de jugar
    - 7.3.1 puntos
  - 7.4 SITUACIONES DE CONTACTO
  - 7.5 accesorios de protección
    - 7.5.1 elementos adicionales a la vestimenta
    - 7.5.2 elementos prohibidos en la vestimenta
- 8 Epidemiología del rugby
  - 8.1 Mecanismos de lesión
- 9 Traumatología
  - 9.1 Lesiones por exceso físico
    - 9.1.1 Tendinitis
    - 9.1.2 Periostitis
    - 9.1.3 Bursitis
  - 9.2 Lesiones traumáticas
    - 9.2.1 Lesiones por hiperextensión
    - 9.2.2 Lesión de meniscos
    - 9.2.3 Lesión de ligamentos
    - 9.2.4 Fractura de clavícula
    - 9.2.5 Disyunción acromioclavicular
    - 9.2.6 Fracturas
  - 9.2 Conmociones cerebrales
- 10 Biomecánica deportiva
  - 10.1 Artículo sobre la biomecánica integral para patinadores de carrera por José Acero Ms. Sc & Sci
  - 10.2 Electromiografía, caso ciclismo
- 11 Simulación digital
  - 11.1 Dinámica de predicción
    - 11.1.1 Componentes principales de la dinámica de predicción
  - 11.2 Optimización y predicción de la postura
  - 11.3 Herramientas tecnológicas para la simulación
    - 11.3.1 Herramientas tecnológicas para la simulación humana sin involucrar al usuario
    - 11.3.2 Herramientas tecnológicas para la simulación humana que involucran al usuario

- 12 Natural user interface
  - 12.1 Gestos naturales
  - 12.2 Pautas de diseño
  - 12.3 El territorio nui
  - 12.4 Nui social
  - 12.5 Nui súper real
  - 12.6 Andamiaje
  - 12.7 Diferenciación de usuario
- 13 Modelado 3d
  - 13.1 Hombre de vitruvio
  - 13.2 Software de anatomía 3d
  - 13.3 Software para modelado 3d
    - 13.3.1 autodesk maya
    - 13.3.2 zbrush
    - 13.3.3 Autodesk 3ds max
    - 13.3.4 Poser
- 14 Animación 3d
  - 14.1 Euphoria
  - 14.2 Captura de movimiento para la animación
    - 14.2.1 Captura de movimiento electromagnética
    - 14.2.2 Captura de movimiento óptico
- 15 Estado del arte
  - 15.1 Virtual soldier research
  - 15.2 Biomecánica deportiva
- 16 Estudio de campo
  - 16.1 Entrevistas a expertos
    - 16.1.1 Resumen entrevista con carlos Eduardo sussa
    - 16.1.2 Resumen entrevista con carolina López Macías
    - 16.1.3 Resumen entrevista con Jorge mario fajardo
    - 16.1.4 Resumen entrevista con Arturo cabrera
  - 16.2 Conclusiones
- 17 Determinantes de diseño
  - 17.1 Usabilidad
  - 17.2 Diseño
  - 17.3 Técnicos
- 18 Propuesta de diseño
- 20 Interacción
- 21 Arquitectura
- 22 Requerimientos
- 23 Análisis de mercado
  - 23.1 Estrategia promocional
  - 23.2 Fracción del mercado.
  - 23.3 Producto
  - 23.4 Clientes
  - 23.5 Competencia
  - 23.6 Tamaño del mercado global
- 24 Costos.

- 25 Análisis de producción
  - 25.1 Investigación
  - 25.2 El caso de estudio
  - 25.3 Ideación de la propuesta
  - 25.4 Desarrollo de la idea
    - 25.4.1 Software
    - 25.4.2 Hardware
    - 25.4.3 Montaje final
- 26 Comprobación de la propuesta: Pruebas de usuario.
- 27 Conclusiones
- 28 Referencias
- 29 Bibliografía
- 30 anexos
  - 30.1 instrumento de evaluación

1 situación problema

El rugby o fútbol rugby es un deporte en equipo de contacto físico nacido en Inglaterra en 1823 en el siglo XIX, se caracteriza por su singular pelota ovalada y sus arcos altos en forma de “H”. En Colombia se empezó a practicar este deporte a principios de la década de 1990 por medio de ciudadanos franceses e ingleses que confirmaron distintos clubes con colombianos e iniciaron jugando en la ciudad de Bogotá.

El contacto físico del rugby implica enfrentar cuerpo a cuerpo a los oponentes del equipo contrario; esta particularidad forma de jugar representa para cada jugador, según estudios epidemiológicos<sup>11</sup> de Andrew S. McIntosh (2005), una incidencia de 7 a 18 lesiones por cada 1000 horas jugadas con un resultado de pérdida de jugar o entrenar de 6.5 a 10.6 horas por cada 1000 jugadas. La mayoría de las lesiones afectan al sistema músculo-esquelético, con la excepción de la conmoción cerebral. La lesión medular es rara pero catastrófica. Estos mismos estudios revelan que la técnica de tackle<sup>22</sup> es un factor de riesgo importante para la lesión

Los estudios del entorno que analizan los aspectos preventivos y terapéuticos no evidencian proyectos que planteen, desde un simulador<sup>33</sup> u otras herramientas digitales, métodos de

---

<sup>11</sup> Epidemiología: Disciplina científica que estudia la distribución, la frecuencia, los determinantes, las predicciones y el control de los factores relacionados con la salud y con las distintas enfermedades existentes en las poblaciones humanas específicas.

2

<sup>2</sup> Tackle: En el rugby, es una forma de hacer caer a alguien más lanzando sus brazos alrededor de sus piernas o las caderas.

<sup>33</sup> Simulador: Aparatos que reproducen sensaciones y experiencias casi reales.

prevención contra lesiones en el rugby para la situación mencionada en el párrafo anterior.

2 pregunta de investigación

¿Como una herramienta digital puede contribuir a prevenir las lesiones en el rugby?

3 objetivos de la investigación

### 3.1 objetivo general

- o Diseñar una herramienta digital que describa factores biomecánicos para prevenir lesiones en el rugby.

### 3.2 objetivos específicos

- o Conocer las reglas del rugby.
- o Conocer las técnicas que se aplican en el rugby.
- o Determinar el tipo de lesiones y sus causas.
- o Conocer métodos y técnicas de prevención.
- o Determinar las tecnologías adecuadas para la prevención de lesiones en el rugby.
- o Proponer determinantes de diseño.
- o Diseñar la herramienta digital.
- o Comprobar funcionalidad de la herramienta digital.

#### 4 justificación

El rugby es el decimo deporte mas practicado en el mundo con 2 millones de participantes. Según el censo realizado por la Federación Colombia de Rugby<sup>44</sup> (2012), en Colombia, en el año 2012, se registraron 9213 practicantes donde 708 de ellos se presentan en Cali, 158 más que el 2011.

Tanto para los jugadores con o sin experiencia, es importante aprender y practicar de tal forma que el riesgo de lesiones disminuya considerablemente, no solo por su seguridad sino también para beneficios del deporte en general mostrándolo menos riesgoso y mas atractivo. El diseño de medios interactivos nos brindan buenas herramientas para crear interfaces que contribuyan a analizar factores biomecánicos, procesando los datos para dar a los usuarios retroalimentación a través de una visualización comprensible.

#### 5 hipótesis

El uso de una herramienta digital en el entrenamiento contribuye a prevenir las lesiones en los jugadores de rugby.

#### 6 categorías de análisis

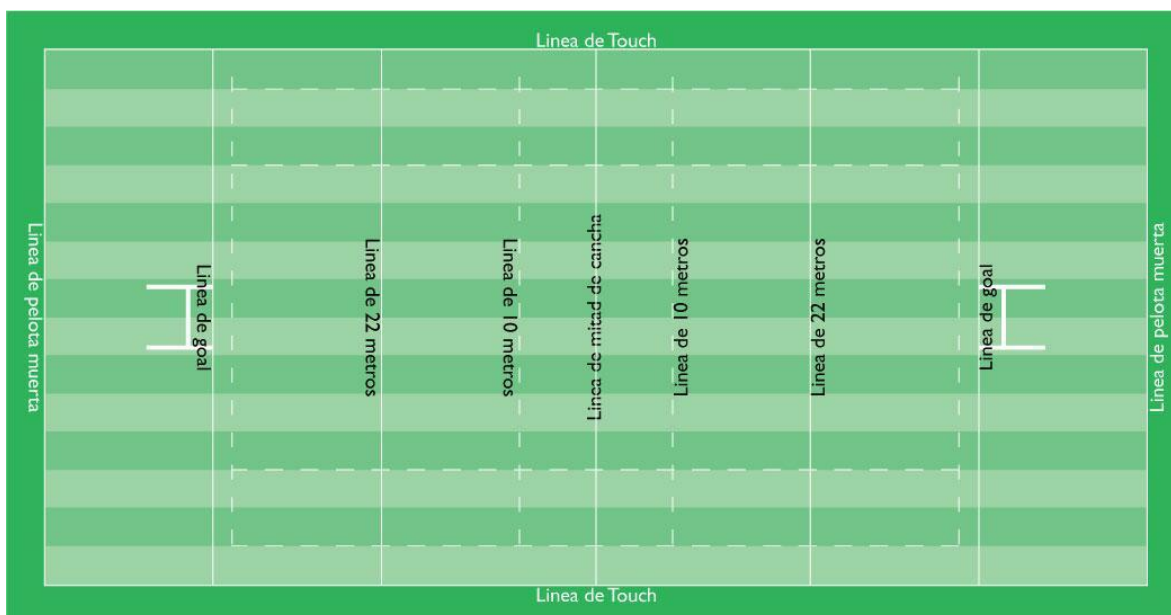
- o Rugby
- o Epidemiología
- o Traumatología
- o Biomecánica
- o Simulación digital
- o Natural User Interface
- o Modelado 3D
- o Animación 3D

---

<sup>44</sup> Federación Colombiana de Rugby (FCR): ente regulador del rugby en Colombia.

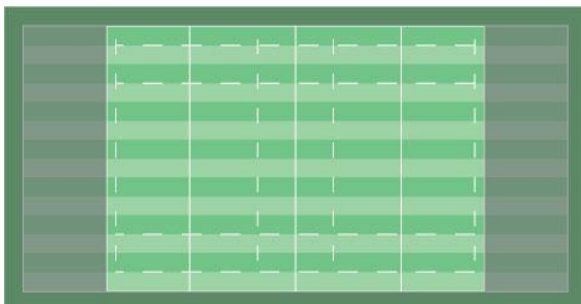
## 7 El Rugby

### 7.1 El terreno



Vista superior terreno de juego en rugby

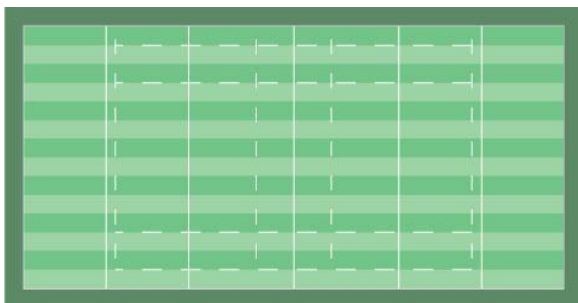
El terreno de juego es la superficie total donde se lleva a cabo un partido de rugby, este incluye lo siguiente:



#### El campo de juego

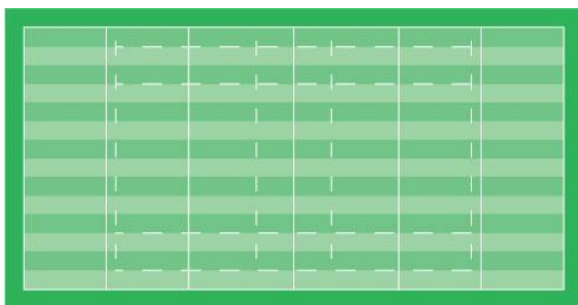
Es el área entre las líneas de goles y las líneas de touch, estas líneas no son parte del campo de juego. En este área es donde los jugadores de ambos equipos se enfrentan y disputan el

balón.



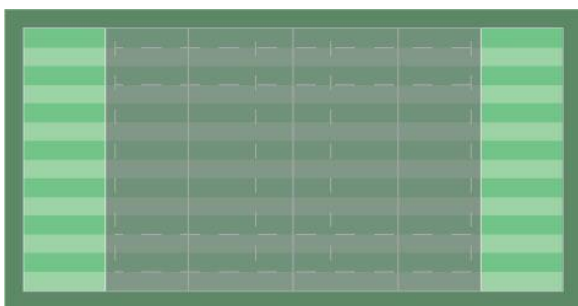
### Área de juego

Es el área que corresponde al campo de juego más las áreas de in-goal. Las líneas de pelota muerta no hacen parte del área de juego.



### Perímetro del juego

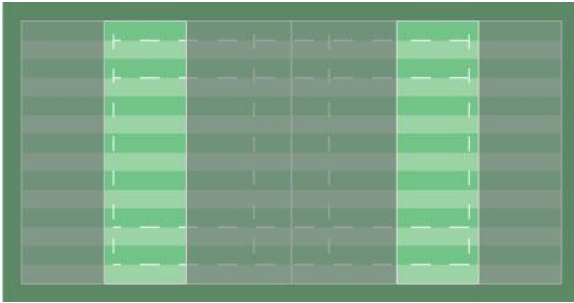
Es la superficie conformada por el área del juego, más un espacio que la rodea no menor a 5 metros el cual se denomina área perimetral.



### In-goal

Es el área delimitada por la línea de goal y la línea de pelota muerta, entre las líneas de touch. Es el área donde se hacen los “try” o anotaciones.





### In-goal

Es el área entre la línea de goal y la línea de 22 metros, incluyendo la línea de 22 metros pero excluyendo la línea de goal.

## 7.2 tipos de jugadores

El rugby es un enfrentamiento entre dos equipos con 15 jugadores cada (aunque existe una variación para 7 jugadores), en general un equipo se divide en dos grupos, 8 forwards (numerados del 1 al 8) y 7 backs (numerados del 9 al 15).

Los forwards compiten por el balón en jugadas como los scrums<sup>5</sup> y line-outs<sup>6</sup>, son generalmente mas grandes y fuertes que los backs, estos en cambio, son mas rápidos y ligeros, son mas hábiles en patear y hacer pases.

## 7.3 modo de jugar

El objetivo del juego consiste en transportar el balón hasta el lado opuesto de la cancha sobrepasando la línea de goal, tocando el suelo con esta.

---

<sup>5</sup> Scrum: o melé, es una puja frente a frente, de un grupo de cada equipo conformado por un máximo de 8 y mínimo de 5 jugadores.

<sup>6</sup>

Line-out: Cuando el balón o el jugador que lo lleva salen del campo por la línea de touch, el juego se reinicia mediante un saque de banda llamado line-out.



Jugador de rugby haciendo una anotación (Try)

Para que un jugador pueda hacerle un pase a su compañero este siempre debe estar atrás de él, el pase no puede ser ejecutado si la persona receptora esta por delante.

#### 7.3.1 puntos

- Try (5 puntos): se marca try cuando un jugador apoya la pelota más allá de la línea de goal del equipo contrario.
- Conversión (2 puntos): Después de un try se debe patear el balón a goal y lograr meter la pelota entre los dos palos y sobre el travesaño (H).
- Drop Goal (3 puntos): Se marca un drop goal cuando el jugador patea a los palos en juego general, dejando caer la pelota y esta rebota con el piso.

## 7.4 SITUACIONES DE CONTACTO



### Tackle

Solo el jugador portador de balón puede ser tacleado. Un tackle ocurre cuando el jugador portador de balón es agarrado por uno o más oponentes y este toca el suelo con ambas rodillas, esté sentado, encima de un jugador o ya no esté en sus apoyos.



### Ruck o Maul

Se forma cuando el balón está en el suelo y dos o más jugadores se agrupan alrededor de ella, disputando el territorio. Los jugadores no pueden tocar la pelota con sus manos solo hasta que ésta emerge por el último pie del jugador.



### Scrum o Melé

Es una de las formaciones mas reconocibles, cada equipo conforma grupos de máximo 8 y mínimo 5 jugadores en tres líneas, los grupos se enfrenta agazapados y asidos entre sí para empezar a empujar con el fin de obtener el balón que ha sido lanzado en medio de ellos y sin tocarlo con las manos.

## 7.5 accesorios de protección

Los jugadores de rugby usan camisa, pantaloneta corta, ropa interior, medias y botines; además existen ciertas protecciones para reducir el riesgo de lesión.

### 7.5.1 elementos adicionales a la vestimenta

- Un jugador puede usar prendas que sean elásticas, que se puedan comprimir y se puedan lavar.
- Un jugador puede usar canilleras debajo de las medias, con acolchado incorporado y de material no rígido, este colchado no debe de tener un espesor mayor de 0,5 cm cuando se comprime.
- Esta permitido usar guantes de protección que cubran sólo hasta la articulación exterior de los dedos y no más de allá, también no debe continuar arriba de la

muñeca. Debe ser de un material blando goma/sintético su espesor no debe exceder 1 mm (0.10000 cm). Los mitones no deben contener accesorios extras como botones, cierres u otros elementos peligrosos.

- Se puede hacer uso de hombreras siempre que estas estén unidas a la ropa interior o camiseta. El relleno debe cubrir únicamente los hombros y la clavícula con un espesor superior a 1cm y no debe tener una densidad mayor de 45 kg por metro cúbico.
- Es permitido usar casco protector, el espesor de este sin compactar debe ser superior a 1 cm y ninguna parte del casco tenga más de 45 kg por metro cúbico.
- Un jugador puede usar protector bucal o dental.
- Es permitido usar vendajes y cintas delgadas con el fin de impedir una lesión.

#### 7.5.2 elementos prohibidos en la vestimenta

- Un jugador no debe usar ningún elemento manchado con sangre.
- Un jugador no debe usar ningún elemento filoso o que raspe.
- Un jugador no debe usar joyas, anillos, cadenas ni ningún elemento de este tipo.
- Un jugador no debe usar pantalones cortos con acolchado cosidos a estos.
- Un jugador no debe usar ningún elemento permitido pero que el árbitro considere que puede causar una lección.
- Un jugador no debe usar ningún dispositivo de comunicación.
- Ningún jugador deberá usar un elemento que no esté amparado por la IRB.

La IRB<sup>7</sup>, (International Rugby Board) presenta varios estudios epidemiológicos del Rugby para equipos de diferente nivel, entre ellos se encuentran documentos como: “Epidemiology of injuries in English professional Rugby union: part 1 match injuries” y “Epidemiology of injuries in English professional Rugby union: part 2 training injuries” ambas realizadas por Brooks J.H.M., Fuller C.W. y Kemp S.P.T. (2005). “Junior World Championship Injury Epidemiology Results: 2008 to 2012” realizado por Fuller C. y Taylor A. (2012). Y por ultimo, “RFU Community Rugby Injury Surveillance Project” realizado por Roberts S., Stokes K., Trewartha G., England M. y Hood K. (2012).

Estos estudios epidemiológicos muestran la frecuencia de lesión (normalmente por cada 1000 horas de practica del deporte) y la gravedad de la misma que determina el tiempo perdido para jugar o entrenar debido al incidente.

A nivel profesional, en la English Premiership, hicieron parte del estudio 12 de 13 clubes, en total 546 deportistas que jugaron 16.789 horas de partido en el English Premiership durante el 2002 al 2003 y del 2003 al 2004; la cantidad total de lesiones durante esa época fue de 1534, obteniendo un promedio de 1.8 lesiones frecuentes por jugador durante una temporada y en promedio 33 días perdidos para practicar rugby.

Para los entrenamientos fueron 11 de los 13 clubes estudiados , 502 jugadores en total estudiados, 196.409 horas de entrenamiento durante la misma época (2002 a 2003 y 2003 a 2004) en total se registraron 395 lesiones, 0.6 lesiones frecuentes por jugador durante una temporada con un tiempo perdido para practicar rugby de 13 días.

En 4 torneos de la Junior World Championship de los años 2008, 2010, 2011 y 2012 se hizo un estudio a 15 de 16 equipos donde se registraron 264 lesiones en un total de 4900 horas de juego en los 4 torneos; mientras el RFU Community Rugby se estudiaron en total 67 clubes en los años 2010-2011 donde se presentaron 539 lesiones en 32.820 horas de juego en partidos.

Estos datos presentados a nivel general por los estudios publicados en la página oficial de la IRB (International Rugby Board) revelan que el Rugby es un deporte donde se frecuentan muchas lesiones y es importante intervenir de alguna manera para prevenirlas.

## 8.1 Mecanismos de lesión

---

<sup>7</sup> IRB: Institución gobernante de las federaciones de rugby a nivel internacional.

Figura 1: Frecuencia de lesión (por cada 1000 horas de práctica) en los jugadores profesionales de la English Premiership durante los partidos de las temporadas 2002 a 2004.

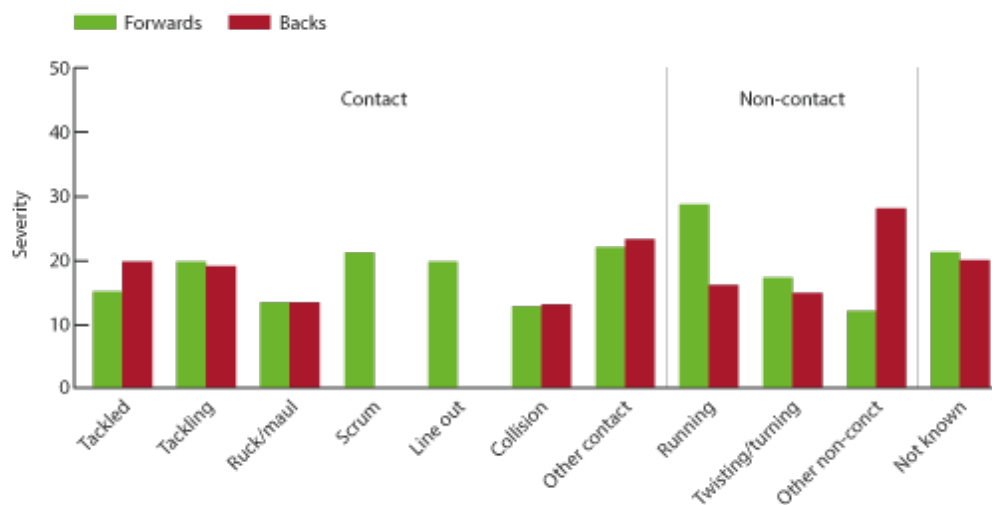
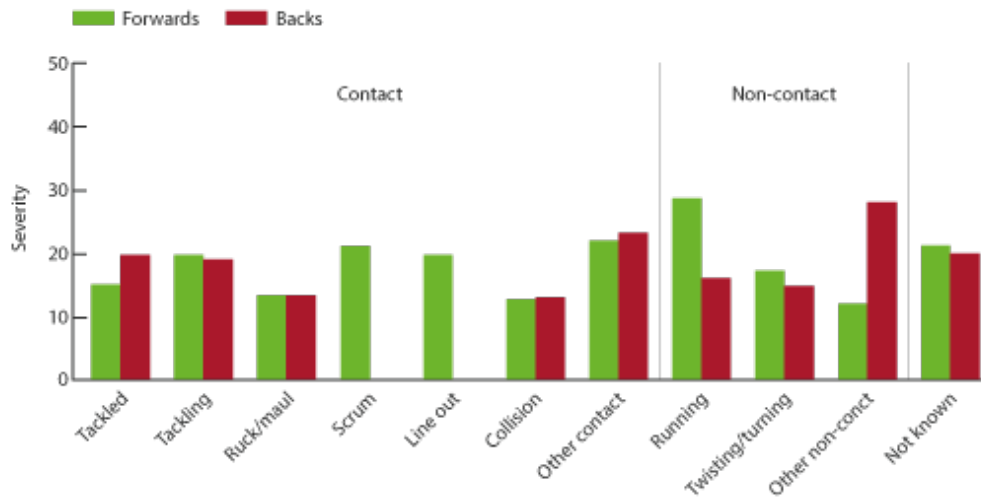


Figura 2: Gravedad de lesión (tiempo de ausencia para practicar rugby) en los jugadores profesionales de la English Premiership durante las temporadas de 2002 a 2004.



Según las graficas, las lesiones no ocurren solo por el contacto que demanda el deporte, acciones donde no hay contacto como correr también presentan alta incidencia y gravedad de las lesiones.

## 9 Traumatología

### 9.1 Lesiones por exceso físico

La tendinitis en la rodilla o tobillo, periostitis y la bursitis son lesiones que se ven comúnmente por el exceso físico. Estas lesiones no se consideran graves pero afectan el rendimiento de un jugador, incluso puede llegar a generar condiciones más complicadas, y por tal razón, estas lesiones deben ser abordadas por un profesional en medicina deportiva.

#### 9.1.1 Tendinitis

La tendinitis es un diagnostico común en la medicina deportiva. Es una lesión que inflama el tendón<sup>8</sup> por el resultado de movimientos repetitivos continuos sin una debida postura.

<sup>8</sup> Tendón: banda de tejido conectivo denso que normalmente conecta el musculo con el hueso.



Según estudios patológicos<sup>9</sup> y etiológicos<sup>10</sup> de la tendinitis, los métodos actuales para tratar esta lesión siguen siendo poco claros.

### 9.1.2 Periostitis

La periostitis es una lesión típica de los corredores y ocurre por las vibraciones que recibe el periostio<sup>11</sup> por el impacto continuo de los pies contra el suelo implicando así una inflamación en el periostio. Los factores que predisponen a sufrirla son: aumentos bruscos del volumen o intensidad de entrenamiento, mala amortiguación en el calzado, correr por superficies duras, pronación excesiva de la espalda.

Los métodos de recuperación son: reposo, aplicación de hielo, corrección de la pisada con prótesis plantares, vendajes o mallas de sujeción para limitar las vibraciones, antiinflamatorios.

### 9.1.3 Bursitis

La bursitis es la inflamación de la bursa, una estructura en forma de bolsa situada entre huesos, tendones y músculos, facilita el movimiento de dichas estructuras entre sí.

Los tratamientos para este tipo de lesión son: descanso o inmovilización temporal de la articulación afectada, antiinflamatorios no esteroideo (AINES), técnicas de fisioterapia, artrocentesis (Consiste en el drenaje de líquido articular excedente a través de una punción con una aguja y en condiciones adecuadas de asepsia), infiltración y antibióticos.

## 9.2 Lesiones traumáticas

La práctica del rugby implica que ocurran lesiones traumáticas como huesos fracturados, dedos y codos dislocados, cortes, esguinces de los ligamentos entre otros.

---

<sup>9</sup> Patología: disciplina que se encarga del estudio de los cambios estructurales bioquímicos y funcionales que subyacen la enfermedad en células, tejidos y órganos.

<sup>10</sup> Etiología: Ciencia que estudia el origen de la enfermedad.

<sup>11</sup> Periostio: membrana de tejido conectivo, cubre el hueso por la superficie externa excepto en lugares de inserción de ligamentos, tendones y superficies articulares.

### 9.2.1 Lesiones por hiperextensión

Se producen cuando una articulación, músculo o tendón se extiende más allá del rango normal de movimiento. Cualquier articulación ya sea de los codos, rodillas, muñecas, espalda y cuello se pueden ver afectados por una hiperextensión ya sea leve o grave. La fuerza de un golpe o una mala caída, pueden ocasionar este tipo de lesiones en el Rugby.

### 9.2.2 Lesión de meniscos

Son estructuras de fibrocartílago<sup>12</sup> que se encuentran entre el fémur y la tibia, se poseen dos por rodilla, los meniscos son los encargados de absorber impactos, distribuir cargas, mejorar la congruencia articular y aportar en la estabilidad, Se lesionan por una torsión excesiva o por una hiperflexión de la rodilla.

### 9.2.3 Lesión de ligamentos

Los ligamentos (estructura anatómica en forma de banda) son los encargados dar estabilidad a las articulaciones del cuerpo. En el rugby, las lesiones de ligamentos más comunes, según Juan Vicente Civera (fisioterapeuta de la Clínica Marítim), son: la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA), la lesión del ligamento colateral interno o medial y la lesión del ligamento colateral externo o lateral.

El ligamento cruzado anterior (LCA) se encuentra en la articulación de la rodilla, su función es impedir el desplazamiento anterior de la tibia<sup>13</sup> sobre el fémur<sup>14</sup>. La lesión se produce cuando el tobillo queda fijado, por alguna fuerza u obstáculo, y la rodilla del jugador recibe un impacto en sentido anteroposterior o en un sentido que genere una torsión de la tibia.

El ligamento colateral interno o medial se encuentra en la zona interna de la articulación de la rodilla, une el fémur con la tibia y se lesiona cuando se sufre un impacto o fuerza que

---

<sup>12</sup> Fibrocartílago: tejido fibroso, muy resistente, entre sus fibras contiene materia cartilaginosa que le da color blanco y elasticidad particular.

<sup>13</sup> Tibia: hueso largo que soporta el peso del cuerpo.

<sup>14</sup> Fémur: es el hueso mas largo y voluminoso del cuerpo humano.

viene desde la cara exterior de la rodilla estando el tobillo fijado en el suelo.

El ligamento colateral externo o lateral se encuentra en la parte externa de la articulación de la rodilla. Este ligamento se lesiona con menos frecuencia que el ligamento colateral interno o medial debido a que tiene un tendón fuerte y resistente.

#### 9.2.4 Fractura de clavícula

La clavícula es un hueso que une principalmente el tórax con el hombro. Es un contenedor del hombro y permite que la articulación y la extremidad superior se puedan movilizar ampliamente en contacto con el resto del cuerpo.

Se lesiona principalmente de dos maneras, la primera por una caída sobre el hombro comprimiendo la clavícula o por un golpe directo sobre ella.

#### 9.2.5 Disyunción acromioclavicular

Esta lesión se origina cuando se separa la clavícula y el acromion por los ligamentos que los unen, esta lesión ocurre cuando se cae con el hombro y este ejerce presión en la clavícula también ocurre cuando se cae con el brazo extendido provocando la lesión.

#### 9.2.6 Fracturas

Debido al contacto extremo de este deporte, pueden fracturarse diferentes huesos del cuerpo, por no saber como caer colocando la mano y recibiendo el impacto, una pisada, un miembro que no fluye con el cuerpo, etc.

## 9.2 Conmociones cerebrales

Confusión, falta de memoria, mareos, visión borrosa y dolores de cabeza son posibles síntomas de conmoción cerebral que se presentan en el rugby debido a un golpe en la cabeza; aunque algunos jugadores continúen participando después del impacto, si se diagnostica una conmoción cerebral, el jugador debe ser retirado del campo y no volver a jugar o practicar rugby el mismo día según la regla 10 del rugby que dispone la protección

y bienestar para ellos.

## 10 Biomecánica deportiva

La Biomecánica Deportiva es una ciencia que aplica las leyes de la física al estudio del movimiento humano. Su desarrollo en los últimos años ha estado ligado a la tecnología.

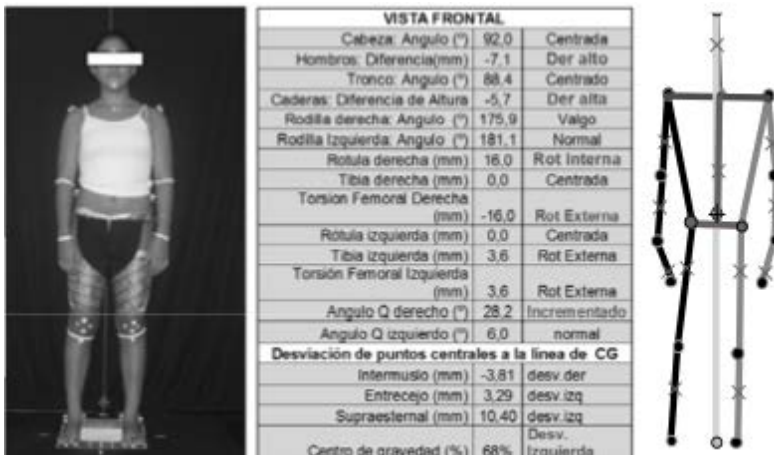
Una de las herramientas más útiles para explicar en detalle el gesto deportivo es la fotogrametría vídeo. Se trata de un método de captación y tratamiento de imágenes digitales que permite valorar si la ejecución del movimiento se realiza sin errores técnicos y sin patrones de movimiento lesivos. Consiste en grabar al deportista realizando el gesto con marcadores adheridos al cuerpo y, a partir de las imágenes, construir una animación 3D.

### 10.1 Artículo sobre la biomecánica integral para patinadores de carrera por José Acero Ms. Sc & Sci

El objetivo central de este artículo es la presentación de un modelo de análisis biomecánico integral denominado BioMin-Patin que está siendo experimentado en patinadores de carreras de alto rendimiento deportivo y talentos especiales.

Según Carlos Lugea (2009) se entiende por técnica a una adecuada y económica forma de trasladarse sobre los patines a fin de obtener buenos resultados deportivos.

El modelo BioMin-Patin es una metodología de análisis del movimiento humano en forma práctica y científica que permite una interdisciplinariedad y una transdisciplinariedad de los factores estructurales y dinámicos del deportista.



Captura de datos del proyecto

## 10.2 Electromiografía, caso ciclismo

A partir de una prueba realizada a un triatleta se buscaba ver como era la activación de 8 músculos de la pierna izquierda por medio de una técnica llamada electromiografía y usando dos bicicletas distintas.

La electromiografía de superficie es una técnica que ha venido logrando un posicionamiento importante en diferentes campos del conocimiento a lo largo del tiempo. En el área deportiva, complementada con diferentes análisis biomecánicos, se han conseguido diferentes aproximaciones hacia el entendimiento detallado del comportamiento del deportista ante determinado gesto deportivo. a diferencia de otros deportes, el ciclismo facilita una estandarización de su actividad debido a la restricción que ejerce el movimiento de pedaleo sobre las extremidades inferiores. Con un completo entendimiento de los patrones musculares de activación de este tipo de deportistas en las extremidades inferiores y de los cambios externos que puedan alterar un determinado grupo muscular, se le permite al entrenador o al personal del área de la salud no solo entrenar o rehabilitar un determinado grupo muscular, sino también entender qué tipo de postura debe mantener el deportista, la clase de bicicleta, entre otros factores externos.

### 11 Simulación digital

Para este proyecto se considera importante conocer acerca de la simulación digital mas específicamente la simulación del movimiento humano pues es el tema importante de representar en la herramienta digital.

El cuerpo humano es complejo y para simularlo requiere de un enfoque multidisciplinario

entre la medicina y la ingeniería. Las organizaciones de investigación como VSR (Virtual Soldier Research) han conformado un equipo el cual abarca una variedad de campos incluyendo la informática, la computación gráfica, la fisiología, la ingeniería, la biomecánica, la robótica y la optimización con el fin de desarrollar tecnologías que simulen y modelen al ser humano. Sus resultados han demostrado que se puede crear una verdadera simulación humana y que además se pueden predecir sus dinámicas, es decir los movimientos del cuerpo cuando actúan fuerzas internas o externas.

## 11.1 Dinámica de predicción

El método dinámica de la predicción es una manera de abordar el problema de pronosticar el movimiento humano de una manera general, teniendo en cuenta las fuerzas físicas, los obstáculos, la fisiología y las acciones del movimiento.

Los resultados de VSR han demostrado que este método es aplicable a la predicción en las acciones de marchar, escalar, empujar, tirar, entre otras tareas. En efecto se puede crear un verdadero simulador humano que predice los movimientos considerando la biomecánica, las físicas del movimiento y el comportamiento humano.

### 11.1.1 Componentes principales de la dinámica de predicción

- o Los perfiles de las articulaciones (Ángulos articulares en función del tiempo).
- o Costos de las funciones, que son medidas de rendimiento humano que representan las funciones que son importantes para lograr un movimiento humano (Ejemplo: la energía, la velocidad. etc).
- o Limitaciones del movimiento (Ejemplo: prevención de colisiones, rangos del movimiento articular, etc).

## 11.2 Optimización y predicción de la postura

La optimización, que es una rama de la matemática computacional, puede ser utilizada no solo para encontrar posturas del cuerpo humano mas realistas sino determinar cual es la mejor postura dentro de un área de trabajo (Abdel Malek, 2004). La optimización trata de responder la pregunta ¿Cuál es la mejor solución dado una serie de limitaciones? Este termino comprende un área grande de las matemáticas aplicadas que no van con el fin de este proyecto pero que es bueno tener una idea de su función.

## 11.3 Herramientas tecnológicas para la simulación

Los temas anteriores de la simulación digital son un marco general de las implicaciones que se deben tener en cuenta para simular movimientos humanos, si se entra a analizar más se encontraría un universo de ecuaciones diferenciales algebraicas (DAEs) utilizadas para simular movimientos humanos, lo mas real posible, en las ciencias de la computación.

Pero, gracias a los avances tecnológicos, hoy en día se cuenta con herramientas que permiten hacer simulación digital sin necesidad de abarcar el campo de la matemática, la física, la fisiología, entre otras disciplinas; aún así es importante tener una idea general de cómo funciona la simulación del movimiento humano.

### 11.3.1 Herramientas tecnológicas para la simulación humana sin involucrar al usuario

Estas herramientas simulan el comportamiento humano netamente desde el sistema, no involucra a usuarios o controles para hacerlo. Compañías como la Natural Motion se han especializado en recrear este tipo de comportamientos en seres animados para la industria de los videojuegos mas que todo, y han creado un software llamado Euphoria, este permite simular las acciones y reacciones de los personajes en tiempo real sin necesidad de usar animaciones predefinidas.

### 11.3.2 Herramientas tecnológicas para la simulación humana que involucran al usuario

Estas herramientas nos permiten simular el comportamiento humano capturando los movimientos de una persona real, la captura de movimiento puede ser inercial, óptico y sin marcadores.

Los sistemas inerciales no necesitan de cámara para capturar el movimiento, para eso utiliza sensores inerciales que miden la aceleración y la velocidad angular pero no tienen un

sistema global de coordenadas y son sensibles a los campos magnéticos. Xsens y Animazoo son compañías que utilizan estas tecnologías.

Las capturas de movimiento óptico utilizan cámaras para detectar el movimiento ya sea con marcadores (superficies reflectantes) en el cuerpo de una persona o con emisores de luz (LED), los primeros son muy utilizados por la compañía Vicon y Motion Analysis mientras que los otros son utilizados por Optotrak. Estos sistemas de captura aunque son los más costosos son los más populares debido a su gran precisión.

La captura de movimiento sin marcadores hacen uso de la cámara sin necesidad de usar objetos como los LEDs y las superficies reflectantes para detectar los movimientos humanos; es una nueva tecnología alternativa de captura, sin embargo su validez como herramienta eficaz aún debe ser demostrada.

## 12 Natural user interface

El término *natural* no se acerca en lo absoluto con el medio en el cual el usuario se comunica con la máquina llamada interfaz<sup>15</sup> de usuario, todo lo contrario, es una referencia de cómo los usuarios actúan y se sienten en el mundo real.

Don Norman (citado por Johnny Chung Lee, 2010) dijo que el verdadero problema con la interfaz es que es una interfaz. Interfaces en el camino. No quiero centrar mis energías en una interfaz. Quiero centrarme en el trabajo.

Las NUI (Natural User Interface) se refiere a un medio de comunicación hombre-computador muy intuitiva. La interfaz efectiva es invisible para el usuario cuando se realiza una tarea, se trata de una forma de transmitir fácil y eficientemente una idea a la mente.

Quizás muchas personas piensan que la manera más natural de comunicarse es hablando pero según el estudio del investigador McNeil (1992), el 90 por ciento de los gestos del movimiento humano se encuentran asociados a la acción de hablar. El gesto y la palabra van mano a mano en la comunicación humana.

### 12.1 Gestos naturales

Jean-Luc Nespoulous (1986) identificó tres clases de gestos de uso común: miméticas, deíctico y arbitraria.

---

<sup>15</sup> Interfaz: Lugar de interacción entre una persona y un sistema.



Los gestos miméticos son movimientos que pretenden representar una forma o el comportamiento de un objeto, por ejemplo, lo que indicaría la forma de una barba, el tamaño de una caja, o la acción de voltear.

Los gesto deícticos se utilizan para proporcionar el contexto o información explicativa como apuntar a un objeto en una conversación o indicar la dirección de una acción a tomar.

Los gestos arbitrarios se aprenden en movimiento usados típicamente en contextos específicos de comunicación tales como las señales de mano utilizadas en la guía de un avión o las señales utilizadas para coordinar la infantería.

## 12.2 Pautas de diseño

El objetivo para este proyecto es construir una experiencia de usuario que sea natural, tanto para novatos como para expertos, que la interfaz de usuario considere el contexto incluyendo las metáforas adecuadas, indicaciones visuales, la retroalimentación y los métodos de entrada y salida.

Comenzar por las formas de interacción mas fundamentales a través de un diseño cuidadoso y pruebas para después explorar los diseños de las regiones mas complejas en un dominio de interacción. Iniciar con lo mas simple, menos es mas, y después perfeccionarlo.

Estudiar las aplicaciones NUI existentes, preguntándose: ¿Son divertidas de usar? ¿Las interacciones parecen transparentes e intuitivas? ¿Los usuarios les gusta usar la aplicación? Si las respuestas son sí entonces aplicar sus referentes.

## 12.3 El territorio nui

Los tradicionales modos de interacción como el modelo GUI (Graphical User Interface) son planas y de dos dimensiones. Las NUI van mas allá de un simple plano para proporcionar profundidad, fomentar la inmersión y hacer que los objetos realmente parezcan en tres dimensiones para que los usuarios puedan navegar espacialmente.

## 12.4 Nui social

En las interfaces gráficas de usuario (GUI) las barreras sociales se producen por causa de los sistemas de entrada y salida, las experiencias son inherentemente de una sola persona cuando los usuarios cuentan solo con un ratón y un teclado. Por el contrario el mundo NUI moderno está diseñado para permitir la participación de varias personas que pueden interactuar al tiempo.

La experiencia social no se limita a las interacciones entre las personas y la interfaz, entre menos comunicación exista entre estos dos y más sea entre las personas mejor. La gente se concentra más en los demás que en el sistema por lo que este último pasa a un segundo plano en la interacción.

En la industria de los videojuegos, las consolas se han convertido cada vez más en mediadores sociales ya sea por juegos cooperativos o competitivos. La interacción social en este caso se presenta de dos formas: “hombro con hombro” donde la gente juega uno al lado de otro o mediada, donde las personas están lejos en espacio, tiempo o ambas.

Para las NUI sociales se necesita implementar los conocimientos de diseño social y evaluar el sistema utilizando pares o grupos de personas.

## 12.5 Nui súper real

Se pueden crear experiencias naturales más fluidas al imitar interpretaciones físicas del mundo real y el usuario mejora su experiencia. Se debería comenzar con un entorno y ambiente familiar, cada cambio debería darse en respuesta del usuario y el sistema debería dar señales de vida incluso cuando el usuario no está interactuando con él.

## 12.6 Andamiaje

El andamiaje es la creación de un diseño que promueve el aprendizaje autónomo mediante el empleo de medidas que alienten a los usuarios a desarrollar sus propias habilidades cognitivas, afectivas y psicomotoras. Es un enfoque poderoso para crear NUIs que dan placer para aprender y usar el sistema.

## 12.7 Diferenciación de usuario

Dicho clásico en la Interacción Hombre-Computador “conocer a sus usuarios” tiene implicaciones mas altas de lo que generalmente se cree.

Los usuarios no existen de manera aislada, viven y trabajan en contextos, tienen papeles, responsabilidades y tareas. Todos estos elementos propios de los usuarios dan forma al diseño y limitaciones no solo del sistema sino también a cualquier paradigma de interfaz.

### 13 Modelado 3d

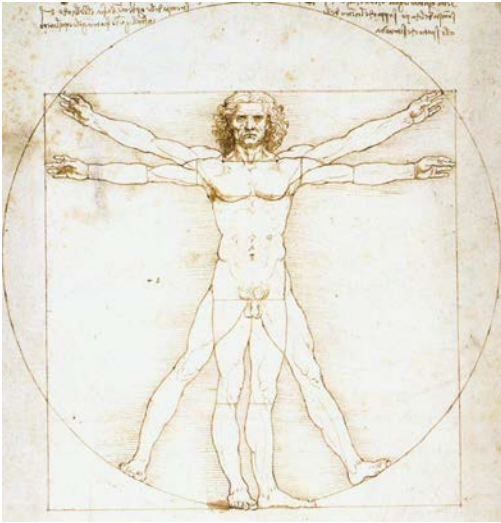
Este proyecto considera importante el modelado 3D para representar de manera virtual, si es necesario, una estructura anatómica<sup>16</sup> para fines biomecánicos.

## 13.1 Hombre de vitruvio

Como referente histórico para este proyecto se tuvo en cuenta un famoso dibujo acompañado de notas anatómicas de Leonardo Da Vinci, el Hombre Vitruvio. Esta obra representa una figura masculina desnuda en dos posiciones sobreimpresas de brazos y piernas, e inscrita en una circunferencia y un cuadrado . Se trata de un estudio de las proporciones del cuerpo humano. Nos ofrece las medidas exactas del cuerpo humano. Algunas son:

---

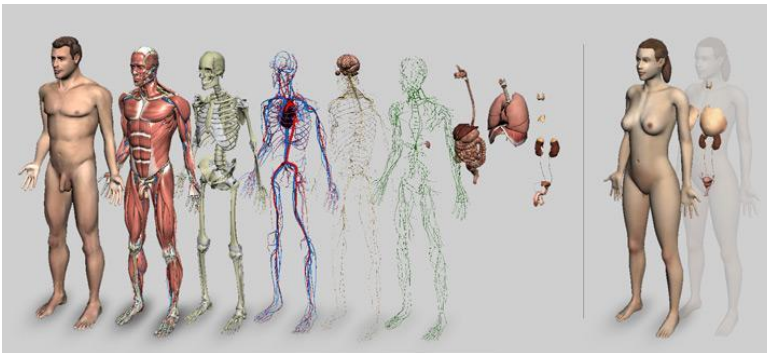
<sup>16</sup> Anatomía: Ciencia que estudia la estructura de los seres vivos



- El rostro, desde la barbilla hasta la parte más alta de la frente, donde están las raíces del pelo, mide una décima parte de la altura total
- La palma de la mano, desde la muñeca hasta el extremo del dedo medio, mide exactamente lo mismo.

## 13.2 Software de anatomía 3d

Se trata de un software que permite la visualización y la manipulación de diferentes partes del cuerpo en 3D como músculos, esqueleto, sistema nervioso, entre otros. Los modelos están disponible para comprarlos y son compatibles con cualquier software avanzado de modelado como 3Ds Max y Maya (ambos software desarrollados por Autodesk).



## 13.3 Software para modelado 3d

### 13.3.1 autodesk maya

Este software esta orientado a la animación 3D, aun así dispone de todas las herramientas

crear objetos en 3 dimensiones como personajes. Su motor de renderizado<sup>17</sup> permite dotar a los modelos con un acabado hiperrealista.

### 13.3.2 zbrush

Zbrush esta orientado a videojuegos, dispone una gran variedad de plugins<sup>18</sup> con funciones que permiten reducir la carga geométrica de un modelo sin renunciar al nivel de detalle, de manera que este optimizado para no añadir mas carga.

### 13.3.3 Autodesk 3ds max

Es un software complejo pero extremadamente potente, dispone de una sólida capacidad de edición y una arquitectura de plugins.

### 13.3.4 Poser

Poser es un software de animación y renderizado 3d optimizado para modelos que semejan figuras humanas, usado mas que todo para posar las figuras de humanos y animales de la misma manera que un maniquí.

## 14 Animación 3d

### 14.1 Euphoria

Euphoria es un motor de animación creado por NaturalMotion basado en la Síntesis de Movimiento Dinámico. En lugar de utilizar animaciones predefinidas; los personajes, las acciones y reacciones de síntesis son en tiempo real, que son diferentes cada vez, incluso cuando se reproduce la misma escena. Euphoria emplea un método más complejo para animar la totalidad de los objetos físicos determinados en el entorno de un video juego.

En agosto de 2007, NaturalMotion anunció *Backbreaker*, un juego de fútbol americano para

---

<sup>17</sup> Renderización: Proceso en el cual se genera una imagen o video mediante un calculo de iluminación, normalmente cada software 3D cuenta con su propio motor de renderizado para hacer este tipo de cálculos.

<sup>18</sup> Plugins: programa o aplicación que añade funcionalidad al programa donde esta hospedado.

la próxima generación de consolas que emplea el motor Euphoria para generar tackles, en tiempo real, en oposición a la reproducción de animaciones.

## 14.2 Captura de movimiento para la animación

### 14.2.1 Captura de movimiento electromagnética

En los sistemas de captura de movimiento electromagnéticos se dispone de una colección de sensores que miden la relación espacial con un transmisor cercano. Los sensores se colocan en el cuerpo y se conectan a una unidad electrónica central, casi siempre mediante cables. Los sensores están constituidos por tres espiras ortogonales que miden el flujo magnético, determinando tanto la posición como la orientación del sensor.

Un transmisor genera un campo electromagnético de baja frecuencia que los receptores detectan y transmiten a la unidad electrónica de control, donde se filtra y amplifica. Después se envía a un ordenador central, donde se infiere la posición de todos los sensores en el espacio así como su orientación.

### 14.2.2 Captura de movimiento óptico

Los sistemas ópticos utilizan los datos recogidos por sensores de imagen para inferir la posición de un elemento en el espacio, utilizando una o más cámaras sincronizadas para proporcionar proyecciones simultáneas. Lo habitual es que los datos se recojan utilizando **indicadores** (markers) pegados al actor, pero los sistemas más recientes permiten recoger datos fiables rastreando superficies del sujeto identificadas dinámicamente. Estos sistemas producen datos con 3 grados de libertad para cada indicador; la orientación de una superficie se infiere utilizando la posición relativa de al menos 3 indicadores.

Los sistemas ópticos de captura de movimiento son, en general, métodos muy fiables para capturar determinados movimientos cuando se utilizan sistemas de última generación. Además, permiten la grabación en tiempo real, con ciertas limitaciones como el número de indicadores, el número de actores y de cámaras.

Los sistemas ópticos más habituales se basan en un único ordenador que recibe la entrada de varias cámaras digitales **CCD** (charge-coupled device).

## 15.1 Virtual soldier research

Virtual Soldier Research es una organización de investigación de clase mundial, ha impulsado el campo de DHM (Digital Human Modeling) por sus creaciones de tecnologías que predice la postura humana, el movimiento y otras funciones de alta fidelidad. La inclusión de las limitaciones del mundo real, tales como la gravedad, la fatiga muscular, la fuerza muscular, las restricciones de la ropa, las propiedades del material y las restricciones físicas en todos nuestros modelos nos permite crear el entorno de prueba de pre-producción más realista.

Santos™ es el humano virtual que se sitúa en el centro de modelo humano y simulación digital en las investigaciones de VSR. Es un modelo musculo esquelético biomecánicamente preciso, fue desarrollado desde adentro hacia fuera por un equipo de ingenieros biomédicos.

El software de modelado humano virtual Santos™ representa una nueva generación de humanos virtuales que son muy realistas en términos de apariencia, el movimiento y la retroalimentación (evaluación del cuerpo humano durante la ejecución de la tarea).

## 15.2 Biomecánica deportiva

La biomecánica deportiva se encarga de evaluar una actividad (en este caso deportiva) con el fin de mejorar el gesto motor y así evitar lesiones. Técnicas como la electromiografía permiten evaluar y registrar la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos, se hace con un instrumento médico llamado electromiógrafo.

La biomecánica nos ayuda a analizar las destrezas motoras para hacer una evaluación eficiente e inteligente de la técnica para que sean corregidas algunas fallas.

Relacionarse con la biomecánica deportiva es un aspecto importante para este proyecto puesto que nos ofrece varias herramientas y formas de analizar los factores de movimiento humano (biomecánica).

## 16.1 Entrevistas a expertos

### 16.1.1 Resumen entrevista con carlos Eduardo sussa entrenador liga vallecaucana de rugby

Para prevenir una lesión deportiva no basta con ejercitarse en un gimnasio si no se complementa con una buena alimentación, además se debe tener una preparación psicológica. El jugador puede tener miedo de jugar y entra con esa idea de lesionarse en su cabeza por lo tanto esto lo afecta física y anímicamente haciendo que tenga un mal rendimiento en el juego y aumentando su riesgo de lesión.

Se debe prestar atención a dolencias en el cuerpo que al parecer no son significativas pero al transcurrir el tiempo repercute en lesiones mas graves por ejemplo una dolencia en un tobillo, que molestaba pero permitía seguir jugando competitivamente repercutirá en lesiones de columna, ligamentos, musculares etc.

Existen dos tipos de lesiones:

- o Degenerativas: Son pequeñas situaciones que se convierten en grandes problemas, tratar una lesión temprana es lo mas recomendable para evitar lesiones mayores. Son lesiones que afectan otras partes del cuerpo humano con el tiempo.
- o Desgaste: Cuando se tuvo la lesión no se realizo el correcto trabajo de fortalecimiento en el momento adecuado, por eso esto trajo complicaciones mayores y ya no se puede tratar la lesión.

### 16.1.2 Resumen entrevista con carolina López Macías presidente liga vallecaucana de rugby

Carolina juega rugby desde hace 11 años, en el 2004 fue selección Colombia. Desde su experiencia cuenta que las personas en Colombia se lesionaban por el desconocimiento del deporte puesto que en su época era aún nueva esta practica en el país.

Para prevenir las lesiones, ella como licenciada en educación física, debe conocer los antecedentes de los jugadores, su historia deportiva para hacerle seguimiento y rutina de entrenamiento. Ella menciona que el reposo hace parte del entrenamiento y no precisamente, en este ámbito, reposar significa estar quieto, mas bien es hacer los mismos



ejercicios pero con menos carga e intensidad.

Carolina menciona que los jugadores tienen un macro ciclo (ejercicio en un año) donde hay que reportar las cargas que ejecuta el jugador respecto a la fuerza y resistencia; a medida que pasa el tiempo esas cargas deben ir aumentando pero aún así, en ese ciclo debe haber reposo en diciembre y enero.

Para que una lesión no vuelva a incurrir es necesario trabajar la parte afectada para que se vuelva más fuerte. No hay que dejar quieta una lesión (a menos que lo requiera según el médico) esto podría provocar una pérdida en el tono muscular y la disminución del arco de movilidad en las articulaciones. Hay personas que se encargan de mantener la fisiología del individuo y prevención de sus alteración como los quinesiólogos.

Un concepto que ella menciona es la propiocepción, un sentido capaz de percibir la posición de las extremidades. Este sentido permite a los jugadores reaccionar frente a una circunstancia para evitar una lesión. Desde niño se puede desarrollar este sentido realizando actividades físicas.

#### 16.1.3 Resumen entrevista con Jorge mario fajardo secretario federación colombiana de rugby

Jorge lleva 12 años jugando rugby, menciona que para prevenir lesiones se debe hacer un trabajo de fortalecimiento de las articulaciones, fortalecimiento físico, trabajo de contacto, pues dice que cada vez que se genera contacto los músculos se vuelven más fuertes, y por último, la técnica debe ser adecuada.

Una de las jugadas que presenta más lesión es a la hora de recibir un tackle, como los jugadores no saben entrar en contacto empiezan a girar, y por realizar esa acción la colisión puede darse a favor para lesionarse a uno mismo y a los que están a su alrededor.

Las lesiones que más ha observado Jorge han sido: fractura de clavícula, rompimiento de ligamentos por los giros mencionados anteriormente, lesiones de hombro, rodilla y tobillo.

#### 16.1.4 Resumen entrevista con Arturo cabrera médico traumatólogo escuela nacional del deporte

Nos dimos cuenta de la manera en la que estaba planteado nuestro proyecto de grado tenía

unas falencias de tiempo y experiencia medica necesaria para que el proyecto tuviera un peso representativo al ser publicado. La manera en la que estaba planteado el proyecto era: Describir el comportamiento de lo usuarios en juego, Observar que partes biomecánicas del cuerpo influyen en el, intervenir diferentes grupos con la herramienta y sin ella para corroborar que funciona medicamente y previene lesiones además de proceder a realizar el entrenamiento con la instalación. Era un sistema muy complejo que nos tomaría alrededor de 2 a 3 años de investigación es por ello que decidimos crear una herramienta de descripción de factores biomecánicos que influyan en una lesión para crear esta base y posteriormente después de graduarnos continuar con este proyecto dedicándole el tiempo necesario.

Para reingresar al juego después de una lesión se debe primero reposar el tiempo necesario según el tipo de lesión pero se debe fortalecer con ejercicios de flexibilidad, movilidad, resistencia a la fuerza, fuerza explosiva entre otros, todos estos ejercicios deben estar en un cronograma llamado programa de rehabilitación.

La manera de prevenir lesiones esta compuesto de 3 puntos importantes:

- o Cargas de entrenamiento: El deportista debe manejar diferentes tipos de cargas, tiempo, intensidad.
- o Problemas biomecánicos: Es necesario conocer factores biomecánicos exactos del deportista, medidas, altura, apertura de brazos, articulaciones etc. Para así realizar un correcto plan de prevención.
- o Técnica: Que el deportista tenga una técnica adecuada al momento de entrenar y jugar competitivamente es importante, porque este es un factor influyente al momento de las lesiones, los deportistas que tienen mayor experiencia tiene una técnica mas depurada por lo tanto sus lesiones son menores.

La principal causa de lesiones como las de hombro, rodilla y muslo: la mayor causa de lesiones musculares y las lesiones articulares es por inestabilidad. Una buena estabilidad depende de dos fuerzas activas y pasivas. Las fuerzas pasivas son los ligamentos, cartílagos entre otras y las activas son del musculo. Hay que tener una buena estructura en las dos porque si no la fuerza del musculo no es suficiente son los ligamentos los que se rompen.

## 16.2 Conclusiones

Los aspectos a tener en cuenta para prevenir lesiones son:

- Preparación psicológica (perder el miedo a jugar).
- Tratar las dolencias del cuerpo puesto que se pueden convertir en lesiones graves.
- Conocer antecedentes de lesiones y el historial deportivo.
- El reposo como parte del entrenamiento.
- Hacer un trabajo de fortalecimiento de las articulaciones y físico.
- Conocer los gestos técnicos del rugby.
- Manejar las cargas de entrenamiento.
- Conocer factores biomecánicos para realizar un plan de prevención.

## 17 Determinantes de diseño

### 17.1 Usabilidad

- Se debe jerarquizar la información por color, contraste y diagramación.
- La interfaz debe ser natural y disponer del cuerpo humano a plenitud.
- La herramienta debe dar retroalimentación de la técnica y patrones del usuario.
- La herramienta debe mostrarle al usuario como ubicarse en el espacio y que ejercicio debe hacer.

### 17.2 Diseño

- La interfaz debe sugerir acciones a realizar.
- La herramienta debe brindar información exacta, clara y concisa para el entrenador y usuario.
- La herramienta debe comunicar adecuadamente zonas afectadas del cuerpo.
- Debe ser una instalación sencilla de instalar y no requerir extremos conocimientos técnicos.

## 17.3 Técnicos

- Implementar tecnologías para la captura de movimiento.
- Analizar factores biomecánicos del rugby de manera exacta.
- Hardware con suficiente capacidad de procesamiento.

### 18 Propuesta de diseño

Esta propuesta se enfoca en analizar la biomecánica de los usuarios mientras hacen determinado ejercicio para identificar fortalezas o debilidades en su cuerpo. Algunos ejercicios como una simple sentadilla o lagartija ponen en descubierto problemas musculares como falta de fuerza y/o resistencia entre otras es por ello que se realizan tareas desde ejercicios aparentemente simples, pero con el objetivo de descubrir las falencias en su cuerpo para así, el fisioterapeuta realizar un correcto plan de prevención basado en datos claros y precisos que le brinde RUME.

La idea de la propuesta es crear un herramienta digital capaz de procesar datos biomecánicos para dar un retroalimentación del estado corporal del usuario desde ejercicios generales de cualquier deporte hasta ejercicios particulares que son propios del rugby.

El fin de saber el estado del cuerpo es que sean analizadas por un experto, ya sea entrenador o traumatólogo, para tomar medidas preventivas fortaleciendo el estado del cuerpo y los movimientos técnicos del rugby.

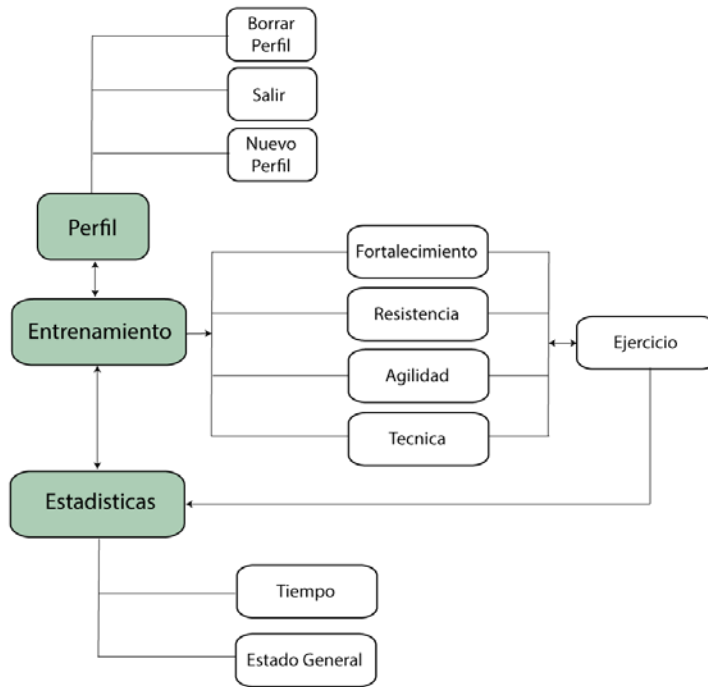


Se definió una interfaz sencilla donde nos enfoquemos en el usuario y sus movimientos sin distracciones, En esta propuesta se trata de evitar el uso de botones y otros elementos de un menú para pasar a una interfaz que sea invisible, navegable netamente de gestos ya sean deícticos, miméticos y arbitrarios. Posiblemente si es la primera vez que un usuario va a utilizar la herramienta, esta tendrá sistemas de ayuda, pero a medida que pasa el tiempo el usuario dejará de necesitarlos y no volverá n a parecer.

La visualización de estadísticas de progreso se hará de una manera simple para el usuario en el cual logre comunicar sin distracciones lo datos de fortaleza, agilidad y resistencia de su cuerpo.



Se definió la interacción de nuestra herramienta por medio de gestos naturales. Para navegar por el menú se inicia cerrando la palma de la mano formando un puño y moviéndola arriba o abajo o hacia ambos lados para navegar como si fuera un control de un televisor normal, para desplazarse entre ejercicios, estadísticas u otras pantallas se mueve haciendo un "swipe" de lado a lado con el brazo. El usuario dispone de videos en la herramienta que lo orientan a entender cómo debe navegar en caso de que no lo recuerde o lo esté haciendo erróneamente.



La arquitectura de nuestra herramienta está definida en un menú principal que consta de Perfil, Entrenamiento y Estadísticas. En la sección de perfil el usuario puede escoger cual es su avatar, borrarlo o crear uno nuevo para otro deportista. En la sección de entrenamiento puede realizar diferentes tipos de ejercicios para analizar su cuerpo biomecánicamente entre fortalecimiento, resistencia y agilidad estos tres de aspecto general del deporte nos ayudará a saber falencias en el deportista como en sus músculos, resistencia, fuerza entre otras. Finalmente puede entrar a la sección de técnica donde aprende los gestos adecuados de las posiciones del rugby. Entrando a cualquiera de estas secciones pasa a realizar el ejercicio en otra pantalla al finalizar puede dirigirse a la sección de estadísticas para conocer toda la información generada sobre su cuerpo.

| Requerimientos de espacio           |   |
|-------------------------------------|---|
| Sonido                              | El sonido le crea una atmósfera de trabajo duro al usuario, pueden estar ubicados parlantes que no interfieran con la experiencia.  |
| Captura de movimiento               | El sensor de captura de movimiento debe estar a la vista del usuario sin obstrucciones entre ellos.   |
| Espacio                             | Se debe disponer de un espacio sin obstrucciones para la libre movilidad del usuario por mínimo 6 x 3 metros.   |
| Requerimientos técnicos             |   |
| Electricos                          | Se debe contar con energía para que las herramientas funcionen adecuadamente.   |
| Manejo                              | En el momento inicial, dado que la herramienta aun esta en una fase de prototipo, debería estar controlada por alguien que este verificando que los componentes estén funcionando, no tengan daños o estén sobrecalentados. |
| Requerimientos físicos              |   |
| 1 Computador con puerto 3.0 4Gb RAM |   |
| 1 Kinect en su versión 2.0          |   |

## 23 Análisis de mercado

En el mercado actual existen diferentes herramientas de análisis biomecánico estas son usadas para prevenir lesiones o para su rehabilitación. Diferentes especialistas han realizado estudios sobre como mejorar la técnica en la realización de diferentes disciplinas deportivas como son por ejemplo el tenis de campo, el patinaje o hasta la forma de caminar. Son analizadas digitalmente con elaborados mecanismos para un correcto certamen donde el deportista se ve involucrado en diferentes repeticiones de



técnica para concluir donde puede tener una falencia o que podría estar realizando mal.

Usualmente los laboratorios de análisis biomecánico están compuestos por complejos mecanismos que obliga a que sólo un experto calificado los pueda poner en funcionamiento y analizar los diferentes parámetros y variables que arroja el procedimiento. Sin embargo la gran mayoría de deportistas debe acceder a realizarse estos exámenes por diferentes motivos en especial mejorar su carrera como profesional del deporte y por supuesto reducir ampliamente el riesgo de una futura lesión.

Esta técnica está revolucionando no sólo el mundo deportivo sino los tratamientos de fisioterapia acerca del manejo de las dolencias del aparato locomotor de pacientes con enfermedades crónicas. Sin embargo atletas reconocidos como Fernando Belastegui, número uno del pádel mundial durante 12 años consecutivos, reveló que una de sus estrategias más efectivas para aumentar el rendimiento físico y prevenir o compensar los posibles déficits para reducir el riesgo de sufrir lesiones, es el uso de equipos biomecánicos conocimientos especializados y rutinas ideadas con efectividad y exactitud para cada paciente.

Uno de los equipos de fútbol más importantes del mundo, el FC Barcelona también utiliza este método moderno para alcanzar los primeros puestos de la Liga Europea en esta temporada. Hace unos días los 11 jugadores iniciaron pruebas para un análisis biomecánico de la marcha y de su estado físico, ya que el cuerpo técnico considera que este es de los mejores estudios con resultados y procesos más exactos y efectivos para mejorar el rendimiento deportivo.

En Colombia existen laboratorios de análisis biomecánico sin embargo no son frecuentemente utilizados como una alternativa para mejorar el rendimiento deportivo y suelen ser utilizados sólo académicamente, se necesita que diferentes deportistas empiecen hacer uso de estas herramientas para que el nivel deportivo en Colombia aumente como lo hacen diferentes países en los cuales su rendimiento en diferentes deportes es superior al nuestro.

## 23.1 Estrategia promocional

Nuestra estrategia promocional estará definida por 3 pasos.

Se iniciara un proceso con un equipo no profesional de rugby, se utilizará la herramienta de análisis biomecánico con ellos por un año constante, aprenderán, fortalecerán y pondrán en práctica las técnicas adecuadas de este deporte, Los jugadores verán que su nivel deportivo aumentará con el tiempo y su rango de lesión será cada vez más bajo.

Se cuenta con otro equipo al que le haremos seguimiento durante un año en el cual no contará con el uso de la herramienta. A los dos equipos se les realiza seguimiento sobre cómo mejoran sus habilidades y estilo de juego serán comparados entre sí.

En el transcurso de ese año se irán publicando vídeos y fotos de las sesiones de entrenamiento y partidos que disputen los dos equipos por medio redes sociales como Facebook, Twitter, Instagram y Youtube. Al finalizar el año de estudio serán comparados ambos equipos y esto impulsará a que diferentes equipos de la región accedan al uso de este sistema prospectandonos a los equipos profesionales de otros países.

### 23.2 Fracción del mercado.

Para definir el mercado se tuvo en cuenta la cantidad de personas colombianas que juegan rugby y los equipos o clubes deportivos que se van formando mediante pasa el tiempo.

Por lo tanto para el primer año no se generan ingresos considerables mientras se observan los beneficios de utilizar la herramienta de análisis biomecánico, para el segundo se inicia con los clubes más representativos a nivel nacional, seguido también por la intervención de la selección Colombiana de rugby y posteriormente expandirnos a otros países donde el rugby tiene mucha más influencia, población y una oportunidad más grande de mercado.

### 23.3 Producto

La herramienta será principalmente dirigida a médicos deportólogo, fisioterapeutas, equipos deportivos o personas que estén relacionadas con el entorno del deporte,

El producto será enfocado en el mercado de artículos de medicina biomecánica contaremos con el plus de tener una interfaz intuitiva (natural) y presentaremos una información exacta para que el especialista en deporte tenga una ayuda mucho mas eficiente para velar por la salud de los jugadores y no solo el criterio propio.

### 23.4 Clientes

La **Federación Colombiana de rugby (FCR)** es la institución que contiene todas las ligas Colombianas, en primera instancia se contacta con ellos para estar avalados y poder acceder a todo el territorio nacional.

En Colombia existen 83 clubes de rugby oficiales es decir, con papeles en la FCR, 49 escuelas que fomentan el deporte en jóvenes e infantiles y 149 equipos que están constituidos en proceso de formarse como un club.

Los clientes son equipos deportivos, fisioterapeutas, universidades o médicos deportólogos interesados en tener un análisis exacto del cuerpo de sus pacientes, mejorar su técnica deportiva y llevar al mínimo el riesgo de lesión para sacar el 100% de rendimiento deportivo.

Los usuarios pierden su rendimiento deportivo al tener una lesión que los aleje de las canchas por meses o inclusive años y esta lesión es peor cuando se había podido evitar a una edad temprana lo que hace que a nivel profesional, pierdan dinero, salud e inclusive no puedan jugar más.

### 23.5 Competencia

Existen diferentes herramientas biomecánicas que permiten evitar lesiones una de ellas por ejemplo son plantillas personalizadas que por medio de diferentes exámenes se desarrolla una plantilla acorde al cuerpo, peso y altura del jugador que le ayuda a prevenir una futura lesión. En Colombia el estudio biomecánico apenas está iniciando es por eso que los laboratorios de análisis están ubicados principalmente en instituciones y universidades para fomentar la investigación.

Una competencia directa en Colombia no tendríamos, no existe una herramienta que pueda prevenir lesiones en el rugby solo estudios e investigaciones.

### 23.6 Tamaño del mercado global

El Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV) obtuvo en 2009 unos ingresos que alcanzaron los 13,4 millones de euros, Así lo indicó el director del IBV, Pedro Vera, durante la reunión anual de la Asamblea General del centro tecnológico.

"El crecimiento experimentado es el reflejo del aumento del trabajo realizado para clientes, que en 2009 ha representado el 51,6% de los ingresos, relacionado con los estímulos positivos a la innovación con los que las administraciones públicas tratan de activar el crecimiento económico", explicó Pedro Vera.

El Instituto de Biomecánica de Valencia ha realizado 168 proyectos de I+D el pasado año, de los cuales 14 están financiados por la Comisión Europea, y ha prestado sus servicios a 775 empresas deportivas, de automoción, hábitat, indumentaria, tecnología sanitaria, turismo o salud laboral.

La Biomecánica tiene diferentes usos en variedad de deportes, su aporta conocimientos en las ramas de maquinaria, muebles, deportes, salud y también en la automotriz apoyándose en estudios de antropometría (medición del cuerpo humano) y de ergonomía (posturas y funciones del cuerpo humano).

La Biomecánica, industria protésica en São Paulo, expande su mercado en el mundo árabe. La empresa exporta a Jordania, Arabia Saudita, Egipto, Irak y Siria y busca un socio para representar y distribuir sus productos en todo el Oriente Medio. La empresa también abastece a Irán y Turquía, que permanecen en la región.

| Concepto               | Descripción           | Valor       |
|------------------------|-----------------------|-------------|
| Equipo                 | Dell 8Gb RAM          | \$ 3.000000 |
| Unity                  | Motor de videojuegos  | \$ 3.000000 |
| Suite Adobe (AI,PS,AE) | Software de diseño    | \$ 3.000000 |
| Kinect 2.0             | Captura de movimiento | \$ 600.000  |

| Personal          | Descripción               | Valor Anual |
|-------------------|---------------------------|-------------|
| Diseñador Grafico | Diseño de piezas graficas | \$ 6.000000 |
| Investigador      | Investigación             | \$ 6.000000 |
| Desarrollador     | Programación              | \$ 6.000000 |

Estos costos solo tienen que ser aplicados una vez porque para la virilización del producto no se deben volver a iniciar, simplemente reproducir, sin embargo si se busca cambiar el estilo gráfico debe considerarse este costo.

El costo aproximado de la herramienta es de 27.600.000.

## 25.1 Investigación

Para iniciar con el proceso de diseño se realizó un marco teórico para fundamentar la propuesta. Se realizaron entrevistas en la ciudad de Medellín, Antioquia a personas que forman parte de la junta directiva de la federación colombiana de rugby, realizando entrevistas a miembros de la liga Vallecaucana de rugby y al personal médico de la Escuela nacional del Deporte.

## 25.2 El caso de estudio

Para comprobar y aplicar lo encontrado en la fundamentación teórica, se requería de un caso de estudio, pero como el tema de las lesiones necesita de un tiempo considerable para ser estudiado y comprobado, se realizaron pruebas con personas

que nunca han jugado rugby para así comprobar su estado actual, deficiencias y fortalezas.

### 25.3 Ideación de la propuesta

Se decidió como un factor determinante que el usuario no debe tener ningún artefacto en las manos para la captura de movimiento, todo desde su calibración inicial hasta su despedida debe ser natural, Finalizando en plantear requerimientos espaciales, técnicos y tecnológicos.

### 25.4 Desarrollo de la idea

Para la finalización del prototipo se dividió el proceso en etapas: software, hardware y montaje final. Se presentan la descripción de cada etapa a continuación.

#### 25.4.1 Software

Una de las funciones del software es reconocer y analizar factores biomecánicos del usuario, reconociendo si su posición es acorde a la establecida por el programa (posición correcta)

#### 25.4.2 Hardware

El hardware se compone de un kinect 2.0 un mecanismo de captura de movimiento que permite manejar un rango de exactitud muy cerrado para definir las posiciones del usuario.

#### 25.4.3 Montaje final

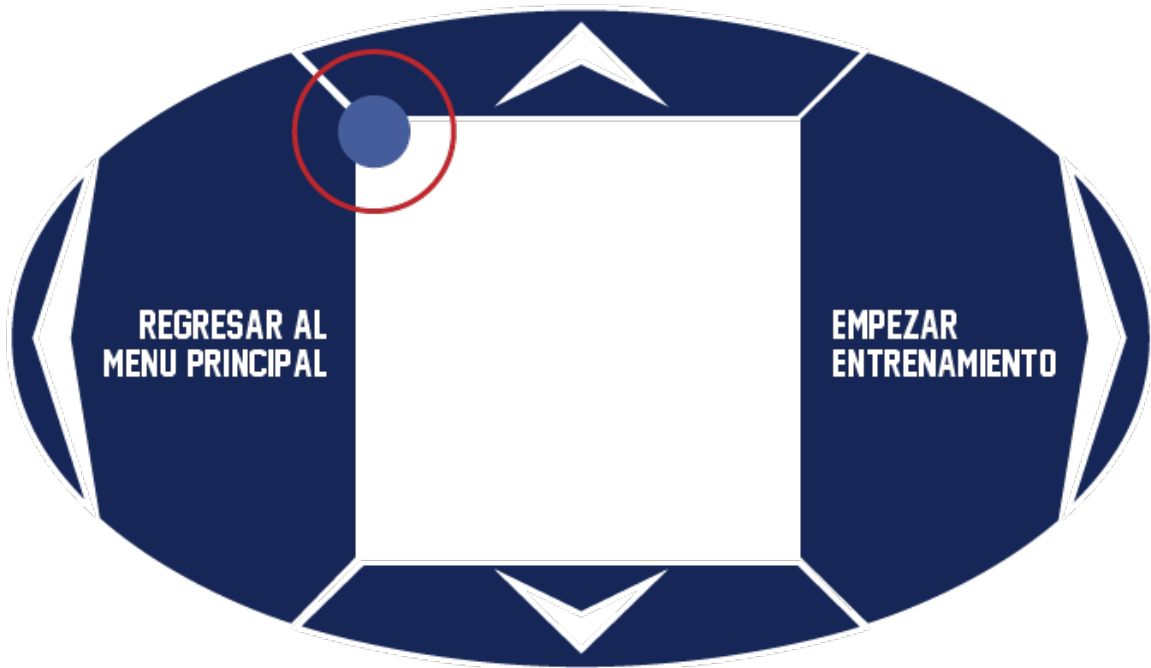
Finalmente se procede a unir ambas partes (software y hardware) para construir el prototipo y realizar pruebas de usuario para comprobar, corregir y rediseñar si es el caso problemas con la instalación.

26 Comprobación de la propuesta: Pruebas de usuario.

Se realizarón pruebas de usuario para corroborar la navegación por medio de toda la herramienta. Haciendo uso del prototipo de interfaz realizada en Unity le pedimos a varios usuarios que navegara en la interfaz, Se anotaban los posibles errores que tenían las personas y se conversaba con los usuario acerca de cómo veían el proceso. La tarea a realizar era la siguiente.

- Entrar al menú de navegación.
- Escoger un ejercicio
- Realizarlo
- Observar sus estadísticas.

A continuación se presentan como estaba planteada la navegación y cuáles fueron los cambios realizados.



Los usuarios no entendían cómo navegar correctamente en la interfaz tendiendo a perderse. Se sentían confundidos al ver que no avanzaban, el uso de diagonales fue erróneo y no significaba una interacción para el usuario, se definió un movimiento solamente entre los ejes X y Y como se muestra en la siguiente imagen.



Con este cambio los usuarios entienden mucho mejor la navegación, no se pierden al entrar a cada sección, entienden mejor la dinámica para usar el menú.



Los usuarios no entendía claramente en qué sección de la interfaz se encontraban, el texto que los contextualiza se desvanece muy rápido impidiendo la lectura, por ello se decidió dejarlo más tiempo, para que el usuario lo pueda leer con más calma.



Tampoco resultaba claro como realizar los gestos de navegación, por ello se implementaron videos en la herramienta en manera de tutoriales para enseñarle al usuario como debe hacerlo, también si no les quedaba claro el video se repite cuando no detecta interacción.

## 27 Conclusiones

El resultado final de la investigación es RUME una herramienta de análisis biomecánico que facilita a médicos traumatólogos la creación de rutinas y ejercicios para los deportistas logrando así prevenir lesiones basados en su técnica y estado del

cuerpo actual, pudiendo observar su rendimiento y progreso en cada sesión. Los deportistas tienen una interacción natural con la herramienta utilizando solo su cuerpo para navegar e interactuar y los médicos una herramienta que necesitaban para ayudar a prevenir lesiones de jóvenes (que cada día son más) que inician a temprana edad la práctica de este deporte.

Está aumentando la práctica del rugby en Colombia y los jóvenes e infantes son los que más están predominando en esta tendencia, es ahora cuando debemos enseñarles una técnica adecuada y no en un futuro cuando ya sea demasiado tarde, no olvidemos que los jóvenes son el futuro de Colombia y del rugby vallecaucano es ahora el momento para iniciar con todos un proyecto de prevención de lesiones a través del diseño de medios interactivos.

Para poder evaluar el alcance e impacto que puede tener RUME es necesario que la herramienta sea utilizada por mínimo 1 año para poder comparar diferentes usuarios y se pueda mostrar el progreso, tanto previniendo lesiones como en la recuperación de las mismas.

## 28 Referencias

McIntosh, A. S. (2005). *Rugby injuries*.  
Basel: Med Sport Sci.

Federación Colombiana de Rugby. (2012). *Censo nacional 31 diciembre 2012*. Recuperado de  
[http://fecorugby.co/download/2013/CENSO\\_DICIEMBRE\\_2012.pdf](http://fecorugby.co/download/2013/CENSO_DICIEMBRE_2012.pdf)

International Rugby Boards. (2013). *El terreno*. . Recuperado de  
<http://www.irblaws.com/index.php?law=1&language=ES>

American Orthopaedic Society for Sports Medicine. (2011). *Rugby Injuries*. Recuperado de  
[http://www.stopsportsinjuries.org/files/pdf/AOSSM\\_Rugby.pdf](http://www.stopsportsinjuries.org/files/pdf/AOSSM_Rugby.pdf)

Almekinders L. C. & Temple J. D. (1998). *Etiology, diagnosis, and treatment of tendonitis*  
Medicine and science in sports and exercise

Wikipedia. (2013). *Periostitis*. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Periostitis>

Wikipedia. (2013). *Bursitis*. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Bursitis>

International Rugby Boards. (2013). *Expert Concussion Group Endorses Rugby Approach*. Recuperado de <http://usarugby.org/concussions/irb>

Kitchen R. E. (2011). *Sport injuries: Hiperextension*. Recuperado de <http://sports.yahoo.com/top/news?slug=ycn-7861816>

Chung Lee J. (2010). *In search of a natural gesture*. Recuperado de <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1764853>

Tejedor S. (2013). *Modelado 3D, conoce las mejores herramientas*. Recuperado de <http://www.micromania.es/taller/modelado-3d-maya-zbrush-3dsmax/2/>

Brooks J., Fuller C., Kemp S. & Reddin D. (2005). 2005 - Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 1 match injuries. Recuperado de <http://irbplayerwelfare.com/?documentid=39>

Brooks J., Fuller C., Kemp S. & Reddin D. (2005). 2005 - Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training injuries. Recuperado de <http://irbplayerwelfare.com/?documentid=40>

Rugby Football Union. (2012). *2010/2011 - RFU Community Rugby Injury Surveillance Project*. Recuperado de <http://irbplayerwelfare.com/?documentid=78>

Fuller C. & Taylor A. (2013). *Junior World Championship Injury Epidemiology Results: 2008 to 2013*. Recuperado de <http://irbplayerwelfare.com/?documentid=106>

Fuller C., Brooks J., Cancea R., Hall J. & Kemp S. (2007). *2007 - Contact events in rugby union and their propensity to cause injury*. Recuperado de <http://irbplayerwelfare.com/?documentid=45>



- o Costa, M., Godoy, D. & Ayerza, M. A. (S.F.). Lesiones en el rugby. Estudio prospectivo epidemiológico en equipos de primera división “A”. Recuperado de <http://www.revistaartroscopia.com.ar/index.php/component/content/article/56-volumen-05-numero-1/volumen-4-numero-2/361-lesiones-en-el-rugby-estudio-prospectivo-epidemiologico-en-equipos-de-primera-division-qaq>
- o McIntosh, A. S. (2005). Rugby Injuries. En D. J. Caine. (Ed.), *Epidemiology of Pediatric Sport Injuries* (pp. 120-139). Basel: Med Sport Sci.
- o Rodríguez J. E., Urraca J. M., Del Valle M. & Rozada A. (2003). Estudio epidemiológico de las lesiones en el rugby. *Archivos de medicina del deporte*, XX(93), 22-26. Recuperado de [http://femede.es/documentos/Original\\_rugby\\_22\\_93.pdf](http://femede.es/documentos/Original_rugby_22_93.pdf)
- o International Rugby Boards. (2008). *Manual para empezar a jugar rugby*
- o Abdel-Malek K. & Arora J. (2013). *Human Motion Simulation Predictive Dynamics*. Iowa City, Iowa: Elsevier Science.
- o Wigdor D. & Wixon D. (2011). *Brave NUI World*. USA: Elsevier Science.

30 anexos

## 30.1 instrumento de evaluación

### Biomecánico

1. ¿Cómo se puede prevenir una lesión deportiva?
2. ¿Cuál es la importancia de estudiar el movimiento del cuerpo humano para prevenir una lesión?
3. ¿Cuál es la última tecnología en biomecánica para el estudio del movimiento del cuerpo humano?
4. ¿Existen estudios y/o herramientas biomecánicas relacionados con el rugby?
5. ¿Cómo saber que una parte del cuerpo es propensa a lesionarse?

### Traumatólogo

1. ¿Cómo se puede tratar una lesión para que no vuelva a reincidir?
2. ¿Cómo recuperar el rendimiento del jugador después de una lesión?
3. ¿Cómo se puede prevenir una lesión mas frecuente en el muslo, rodilla y hombro?
4. ¿Cómo se puede prevenir lesiones mas graves como las del pie, manos y muñeca?
5. ¿Cómo se puede prevenir una lesión de ligamentos?

#### Entrenador y jugadores de Rugby

1. ¿Qué elementos influyen para prevenir una lesión?
2. ¿Qué se puede hacer para prevenir las lesiones?
3. ¿En que jugadas, desde su experiencia, ocurren las lesiones?
4. ¿Ha tenido lesiones, cuales, y cual fue la mecánica?