



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TEMA**

**Diseño de una guía para la evaluación de un prototipo de  
Prótesis en 3D para caninos (*Canis lupus familiaris*)**

**AUTOR**

**Larrea Zapatier Michel Alfonso**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TUTOR**

**Dr. Manzo Fernández Carlos Giovanny, M. Sc.**

**Guayaquil, Ecuador**

**Marzo, 2017**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**

**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

### **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Larrea Zapatier, Michel Alfonso**, como requerimiento para la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**.

**TUTOR**

---

**Dr. Manzo Fernández Carlos Giovanni, M. Sc.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**Ing. Franco Rodríguez John Eloy, Ph. D.**

**Guayaquil, a los 2 días de marzo de 2017**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**

**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Larrea Zapatier Michel Alfonso**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, Diseño **de una guía para la evaluación de un prototipo de prótesis en 3D para caninos (*Canis lupus familiaris*)** previo a la obtención del título de **Médico Veterinario Zootecnista**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 2 días de marzo de 2017**

**EL AUTOR**

---

**Larrea Zapatier Michel Alfonso**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**

**DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**

**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

## **AUTORIZACIÓN**

**Yo, Larrea Zapatier Michel Alfonso**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Diseño de una guía para la evaluación de un prototipo de prótesis en 3D para caninos (*Canis lupus familiaris*)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 2 días de marzo de 2017**

**EL AUTOR**

---

**Larrea Zapatier Michel Alfonso**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO**  
**CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**  
**CERTIFICACIÓN URKUND**

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Titulación “**Diseño de una guía para la evaluación de un prototipo de Prótesis en 3D para caninos (*Canis lupus familiaris*)**”, presentada por el estudiante **Larrea Zapatier Michel Alfonso**, de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, obtuvo el resultado del programa URKUND el valor de 0 %, Considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	<a href="#">Larrea Michel UTE B 2016.doc</a> (D25489509)
Presentado	2017-02-03 16:52 (-05:00)
Presentado por	ute.fetd@gmail.com
Recibido	alfonso.kuffo.ucsg@analysis.urkund.com
Mensaje	SRTTB2016 Larrea <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
<b>0%</b> de esta aprox. 29 páginas de documentos largos se componen de texto presente en 0 fuentes.	

Fuente: URKUND-Usuario Alfonso Kuffó García, 2017

Certifican,

---

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D**

Director Carreras Agropecuarias

UCSG-FETD

---

**Ing. Alfonso Kuffó García, M. Sc.**

Revisor - URKUND

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a mis padres por darme la oportunidad de estudiar en una universidad de prestigio y a sus consejos cuando más los necesitaba.

A mi padre, por ser el pilar del hogar y ayudarme siempre que lo necesite con sus consejos en medicina y su punto de vista para resolver problemas.

A mi madre, por ayudarme cuando los momentos más difíciles de la universidad venían juntos.

A mi hermana, niña, siempre has sido motivo de admiración.

A mi novia, cariño, tu paciencia siempre me acompañó en mis últimos años.

Le agradezco a la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por impulsarme y animarme con mis estudios, a mis maestros que formaron parte de mi vida académica

El presente trabajo fue diseñado bajo la supervisión del Dr. Carlos Manzo Fernández, al Ing. Edgar Quezada Calle y al Ing. Víctor Chero Alvarado, gracias a sus enfoques y paciencia me ayudaron a concluir con el proyecto.

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dirigido a todas las personas importantes en mi vida y a mis colegas, gracias a ellos mi investigación podrá tener un nuevo enfoque hacia un mejor estilo de vida de nuestros pacientes.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**Dr. Manzo Fernández Carlos Giovanny, M. Sc.**

TUTOR

---

**Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.**

DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

---

**Dr. Aníbal Andrade Ortiz, M. Sc.**

COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA





**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CALIFICACIÓN**

---

**Dr. Manzo Fernández Carlos Giovanny, M. Sc.**

TUTOR

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
1.1. Objetivos.....	17
1.1.1. Objetivo general. ....	17
1.1.2. Objetivos específicos. ....	17
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	18
2.1. Anatomía Veterinaria .....	18
2.2. Anatomía del perro .....	18
2.2.1. El miembro anterior - delantero - mano del perro.....	19
2.2.2. El miembro posterior de los animales. ....	23
2.3. Fisiología de los miembros .....	24
2.4. Movimientos Articulares.....	27
2.4.1. Articulaciones de miembros anteriores son.....	28
2.4.2. Las articulaciones que se van a encontrar en el miembro posterior son.....	29
2.5. Etología Clínica canina .....	31
2.7. Biomecánica .....	35
2.7.1. ¿Cómo se desplazan los animales?.....	35
2.8. Traumas Óseos .....	36
2.8.1. Tipos de fracturas.....	37
2.8.2. ¿Qué recomendaciones se pueden dar para el tratamiento de algunos tipos especiales de fracturas? .....	41
2.9. Amputaciones .....	44
2.9.1. Consideraciones quirúrgicas en una amputación.....	45
2.10. Prótesis.....	46
2.10.1. Tipos de prótesis.....	47
2.11. Impresiones en 3D.....	49

2.12. Impresoras 3D: ¿qué materiales usan? .....	49
2.12.1. ABS .....	49
2.12.2. PLA .....	50
2.12.3. Poliamidas.....	51
2.13. Bioimpresión en 3D .....	52
2.14. Pasos para la impresión en 3D.....	53
2.15. Plástico PLA (ácido poliláctico).....	55
2.16. Tinkercad .....	56
2.17. Elaboración del manual .....	57
<b>3. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>59</b>
3.1. Localización del ensayo.....	59
3.2. Características Climáticas .....	59
3.3. Materiales .....	59
3.4. Manejo del Ensayo .....	60
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>63</b>
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>74</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>75</b>
6.1. Conclusiones .....	75
6.2. Recomendaciones .....	77

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE GRÁFICO

<b>Gráfico 1.</b> Pasos para una Bioimpresión .....	53
<b>Gráfico 2.</b> Resistencia al uso de la Prótesis.....	65
<b>Gráfico 3.</b> Resistencia al uso de la Prótesis.....	65
<b>Gráfico 4.</b> Distancia recorrida por el paciente .....	66
<b>Gráfico 5.</b> Distancia recorrida por el paciente .....	67
<b>Gráfico 6.</b> Agresividad del Paciente .....	67
<b>Gráfico 7.</b> Agresividad del Paciente .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de las fracturas en las extremidades y sus mecanismos de producción .....	38
<b>Tabla 2.</b> Resistencia al uso de la prótesis .....	63
<b>Tabla 3.</b> Distancia recorrida por el paciente .....	64
<b>Tabla 4.</b> Agresividad del paciente.....	64
<b>Tabla 5.</b> resistencia al uso de la prótesis.....	68
<b>Tabla 6.</b> distancia recorrida por el paciente.....	69
<b>Tabla 7.</b> agresividad del paciente.....	69

## RESUMEN

Dentro del trabajo de investigación que se llevó a cabo en la ciudad de Guayaquil, en la parte del Recreo 5, se diseñó el modelo de prototipo de prótesis para un perro, cuya molestia era la amputación del miembro posterior derecho a causa de un accidente. Antes de realizar el diseño como tal, se procedió a realizar un examen general clínico para ver el estado físico del paciente. Se midieron las variantes como peso, edad, estatura. Posterior al examen clínico se realizó un escaneo de la porción afectada para poder digitalizarla después del cual se inició la impresión de la misma, una vez el prototipo fue impreso y ensamblado empezaron las pruebas que revelaron variables importantes tales como, tamaño óptimo del prototipo, temperamento, estado físico del paciente, adaptación a la misma. Una vez con los resultados obtenidos, se diseñó un manual que sirva al momento de crear otro prototipo con las mejoras implementadas.

**Palabras clave:** prótesis, articulación, amputación, PLA, ABS.

## ABSTRACT

Within the research work that was carried out in the city of Guayaquil, in Recreo 5 part a model prototype of prosthesis for a dog was designed, whose annoyance was the amputation of the right posterior limb caused by an accident before the design was performed, a general clinical examination was performed in order to see the physical conditions of the patient. The variants such as weight, age, height were measured. After the clinical examination, a scan of the affected portion was performed in order to be able to digitize it after which the impression was started. Once the prototype was printed and assembled the tests revealed important variables such as optimal prototype size, temperament, physical status of the patient, and adaptation to the prosthesis. Once the results were obtained, a manual to aid the moment of creating another prototype with the implemented improvements was designed

**Key words:** prosthesis, articulation, amputation, PLA, ABS.

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia el ser humano siempre ha querido controlar y mejorar la calidad de vida del entorno que lo rodea, una de las primeras invenciones ortopédicas empleadas por el hombre fue la técnica de guía, entre otras, las cuales consistían en amarrar un palo recto a un tallo torcido para así corregir la posición del mismo, otra técnica más revolucionaria fue en 1840 realizada por Malgaigne el cual inmoviliza una fractura de la tibia con un alambre de púas a base de metal dando un inicio a un nuevo campo de descubrimientos para la ortopedia (Arias, Ramírez y Santoscoy, 2011, p.1).

Los restos arqueológicos de Egipto, muestran los primeros indicios del uso de esta habilidad utilizada para corregir traumas en las extremidades móviles, los médicos de esa época mejoraban la calidad de vida de sus pacientes, esta técnica ha sido perfeccionada para su uso en animales domésticos que han tenido una deformidad en cualquier miembro móvil.

Utilizando el conocimiento de las técnicas más comunes de la ortopedia sumadas a la tecnología de impresiones 3D, tenemos la denominada biotecnología que nos puede ayudar, no solo en la ortopedia sino en cualquier otro campo más para mejorar la vida de los pacientes que por razones ya sean genéticas o accidentales pueden llegar a perder miembros de su aparato locomotor.



Esta tecnología que lleva algún tiempo en el mercado y se está usando en países como Estados Unidos o México como medio para la creación de prótesis ortopédicas, humanas y animales.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general.**

Crear una prótesis en impresión 3D de miembros anteriores y posteriores de caninos (*Canis lupus familiaris*), para mejorar su calidad de vida.

### **1.1.2. Objetivos específicos.**

- Realizar un estudio corporal de la extremidad a reemplazar.
- Crear la prótesis en la herramienta tecnológica a utilizar.
- Adaptar la prótesis a la extremidad afectada del respectivo animal.
- Valorar la recuperación de la movilidad de la extremidad reemplazada.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Anatomía Veterinaria**

La Anatomía es una rama de la biología su función es la descripción de la forma y disposición de los organismos vivos, tiene varias clasificaciones, pero la que se va a utilizar es la Anatomía veterinaria que trata sobre la representación de los animales domésticos (Grossman y Sisson, 1972 p.1).

### **2.2. Anatomía del perro**

El perro es un animal mamífero del orden carnívoro. Pertenece a la familia de los cánidos. Este animal dependiendo de su raza va a cambiar en ciertas características físicas, tiene una vida promedio de 10 hasta 15 años, su inteligencia es muy desarrollada, pero así mismo va a depender mucho del entorno de desarrollo y de su raza, a pesar de ser su memoria a corto y largo plazo, es capaz de demostrar grandes cualidades afectivas, otra de sus características más notorias son su sentido del olfato y del oído los cuales les permiten tener un buen sentido de la orientación (Rubio, 2011, p 18).

## **2.2.1. El miembro anterior - delantero - mano del perro.**

### **2.2.1.1. Anatomía de extremidades delanteras.**

Cada animal cuenta con dos extremidades anteriores o brazos, mismo que terminan siempre en manos con número variado de dedos dependiendo de la especie (Gelvez, 2017).

El miembro anterior del perro está formado de las siguientes estructuras:

#### ***La Escapula***

Es un hueso plano que tiene una forma parecida a la de un triángulo, posee dos caras, una interna que pasa en relación con las costillas, y es el sitio donde se inserta el musculo subescapular y la cara externa que se encuentra en relación con el musculo supraespinoso e infra espinoso (Fariña y Smith, 2011 p.25-35).

La región cuya base ósea está formada por la escapula se denomina espalda (Fariña y Smith, 2011 p.25-35).

#### ***El Húmero***

Se localiza en el brazo, es un hueso largo que en su extremo proximal posee una superficie articular redonda que tiene por nombre cabeza, su

función es articularse con la escapula dando origen a la articulación escapulo-humeral, la porción distal se articula con el cubito y el radio y da origen a la articulación humero radio cubital. Esta articulación se denomina brazo (Fariña y Smith, 2011 p.25-35).

### ***Radio***

En su parte externa posee una serie lineal llena de asperidades, en el extremo proximal una faceta diartrodial convexa, y en la parte más distal otra cóncava para articularse con el cubito (Quiroga, 1866, p 99).

### ***Cúbito***

Es tan largo como el radio, el mismo que posee un conducto medular, con el olecranon muy desarrollado, y la extremidad inferior concurre a crear la articulación del carpo (Quiroga, 1866, p 99).

El radio y cubito son dos huesos largos, presentándose el radio por delante y el cubito por detrás, ambos están medianamente fusionados. El radio se articula con el humero por el extremo proximal al igual que el cubito, esta zona se denomina el olecranon en la parte proximal y en su parte distal se une con los carpos, denominándose esta zona como el antebrazo (Fariña y Smith, 2011 p.25-35).

### ***Carpo***

Está conformada por 7 huesos, 3 en la parte proximal y 4 en la parte distal, estos huesos se articulan en la parte proximal con el radio y el cubito y en la parte distal con los metacarpianos (Fariña y Smith, 2011 p.25-35).

### ***Metacarpo***

Están 5 metacarpos, el número 1 es el más corto de ellos mientras que el tercero y el cuarto son los más largos de estos huesecillos, se articulan en su parte superior con los carpos y en su parte inferior con las falanges (Fariña y Smith, 2011 p.25-35).

Los huesos metacarpianos que conforman la muñeca son 5 en total, y su función es dar sustento a los dedos, el primer hueso metacarpiano, se encuentra ubicado en el lado medial, es el hueso metacarpiano más corto y en el perro es llamativamente fino, proximalmente, solo en el lado lateral y en la base del Mc2 y del Mc3 existen tuberosidades para la inserción de ligamentos: distalmente se encuentran en ambos lados de todos los huesos metacarpianos. Las trócleas distales, en la cara palmar, presentan crestas filosas para la articulación con los sesamoideos proximales (König, Liebich, 2005 p, 146).

### ***Falanges***

En el canino y en el felino, la porción del tercer y cuarto dedo es la porción más larga, a diferencia de los otros 3 dedos que son más cortos, pulgar es el más corto de los dedos al no poseer una falange media (König, Liebich, 2005 p,146).

Las falanges distales, sirven como base de las garras, se pueden comparar con ganchos comprimidos de lado y afinados en uno de sus extremos en el que se inserta el recubrimiento corneo de la garra. En el hueso unguicular, podemos distinguir la cara parietal la misma que se caracteriza por tener una porción dorsal y dos laterales las mismas de las que se distinguen una cara parietal con una porción dorsal y dos laterales, y una cara de la suela (König, Liebich, 2005 p, 147).

En la porción palmar podemos observar un tubérculo flexor, lateral y dorsalmente una cresta unguicular, el mismo que rodea al surco unguicular. En las partes laterales del tubérculo flexor sale un agujero axial de la suela y otro abaxial. En la superficie palmar de la articulación metacarpo falángica de los dedos, de la segunda a la quinta falange, se hallan los huesos sesamoideos proximales, un par de ellos por dedo, generalmente son óseos y rara vez cartilagosos (König, Liebich, 2005 p,147).

## **2.2.2. El miembro posterior de los animales.**

Los miembros posteriores o patas también son dos. Uno de cada lado del animal. Son utilizados básicamente para la locomoción. El miembro posterior de los animales, muestra en su distribución las siguientes porciones: Anca o cinturón pélvico, Muslo, Pierna y Pie (Gelvez, 2017).

### **2.2.2.1. Anatomía animal: Miembro posterior de los animales.**

El esqueleto del muslo está formado por el fémur (hueso que se articula en su parte proximal con el acetábulo y por su parte distal con la rótula y la tibia) y la rótula (conocida como rodilla) es un hueso corto que se articula con la tróclea del extremo distal del fémur, recuerda a un hueso sesamoideo intercalado en el tendón del musculo cuádriceps femoral (Getty y Sisson, 2002, p 35).

El esqueleto de la pierna comprende dos huesos, la tibia y el peroné. La tibia es un hueso largo, prismático que tiene como función soportar el peso y se articula distalmente con el astrágalo (hueso tibio tarsal). El peroné está situado a lo largo del borde lateral del a tibia de la cual se aleja por el espacio interóseo de la pierna. Es mucho más delgado que la tibia y no se articula con el fémur (Getty y Sisson, 2002, p 35).

El tarso está conformado por un grupo de pequeños huesos, los huesos del tarso en número de cinco a siete. La fila proximal la forman dos huesos, el astrágalo y el calcáneo, el primero está situado en el lado tibial, y tiene una tróclea para su articulación con el extremo distal de la tibia, el calcáneo, situado en la porción lateral, tiene una tuberosidad, calcanea, que se proyecta proximal y plantarmente y constituye una palanca para los músculos que llegan a la articulación del corvejón. La fila distal está formada por cuatro huesos, cuando existen siete elementos tarsianos como sucede en el perro, que son designados numéricamente como primer tarsal, segundo tarsal, tercer tarsal y así sucesivamente. El tarsal central esta interpuesto entre las dos filas (Getty y Sisson, 2002, p 36).

### **2.3. Fisiología de los miembros**

La locomoción animal ha sido de interés humano desde los tiempos antiguos. Su interés radicó en los primeros cazadores humanos, en que la velocidad de movimiento de los animales fue una fuente de infortunio, a medida que la ciencia maduraba en la ilustración gráfica, la investigación sobre la locomoción comenzó a vincular estudios de anatomía y física muscular, lo que creo un nuevo campo llamado la biomecánica (Moyes y Schulte, 2007 p.574).



Podemos narrar que la locomoción es el acto de movilizarse de un lugar a otro, la locomoción es un paso dinámico que el animal inicia y maneja (Moyes, et al, 2007 p.576).

El funcionamiento del sistema musculoesquelético depende mucho sobre las articulaciones de sus miembros las que vamos a revisar serán dos articulaciones llamadas, articulación humero-radio-cubital y femoro-tibio-rotuliana (Quiroga, Campos, Troncoso, Fischer y Gili, 2014 p.122).

La articulación del miembro anterior se conoce como articulación húmero-radio-cubital compone una de las más complejas del cuerpo debido a que está formada por caras articulares irregulares de tres huesos diferentes. El desarrollo anormal de la epífisis distal del húmero y de las correspondientes epífisis proximales del radio y del cúbito, durante el desarrollo, nos llevan a la presentación de una variedad de cambios articulares que comprometen seriamente la relación entre los componentes de la articulación mencionada (Durante y Brusa, 1998, p 59).

Esta articulación es móvil y la encontramos formada por la unión del cóndilo humeral y los extremos proximales del radio y del cubito. A su vez se la describe como una articulación compuesta, pues tiene más de un dos de

superficies articulares opuestas dentro de la misma capsula articular (Durante y Brusa, 1998, p 59).

En esta articulación nos podemos topar con seis centros de osificación los cuales son: epicóndilo medial del humero, la porción medial y lateral de la tróclea del humero, la porción proximal del radio, proceso anconeal y olecranon, esto hace que la coordinación entre el crecimiento y el desarrollo de la articulación sea un problema si el crecimiento longitudinal entre radio y ulna es asimétrico (Quiroga, et al., 2014 p.123).

La articulación del miembro posterior conocida como articulación femoro-tibio-rotuliana, esta articulación está compuesta por tres huesos largos: el fémur distal, la tibia proximal y la fíbula proximal; y por cuatro huesos sesamoideos. La patela o rótula es uno de los huesos sesamoideos de la rodilla, guardan relación con otros huesos que son los sesamoideos lateral y media, también denominados fabelas y el poplíteo, en donde cada uno de éstos se encuentra incluido dentro de un tendón (Hechenleitner, 2009 p.3).

El sesamoideo lateral es de mayor dimensión en relación al medial y ambos reposan en el fémur distal. El tercero se encuentra en el tendón de origen del músculo poplíteo y articula con la superficie caudal del cóndilo

lateral de la tibia. Los principales movimientos de la articulación mencionada son de flexión y extensión (Hechenleitner, 2009 p.3).

#### **2.4. Movimientos Articulares**

**Flexión:** Disminución en el ángulo de la articulación.

**Extensión:** Aumento en el ángulo de la articulación.

**Hiperflexión:** Flexión del brazo superior (articulación del hombro) más allá de una línea recta vertical.

**Hiperextensión:** La continuación de la extensión más allá de de la posición fundamental de pie o de la anatómica (o la continuación de la extensión más allá de una línea recta vertical).

**Dorsiflexión:** Movimiento del dorso del pie (empeine o parte superior del pie) hacia la cara anterior de la tibia.

**Flexión plantar:** Extensión de la planta del pie hacia abajo (Lopategui, 2001).

Las articulaciones de los miembros se van dividir en articulaciones del miembro anterior y articulaciones del miembro posterior:

#### **2.4.1. Articulaciones de miembros anteriores son.**

##### ***Articulación escapulo - humeral en los animales:***

Sus movimientos son de Flexión y extensión. Los movimientos de aducción, abducción y circonducción son de carácter limitado (Gelvez, L. 2017, p1).

##### ***Articulación húmero - radio - cubital o codo de los animales***

La articulación radio cubital permite dos tipos de movimiento, de pronación y de supinación, en su porción proximal permite el movimiento de las superficies articulares, su función es la descomponer las fuerzas que inciden sobre el radio y el olecranon, evitando que los huesos largos como el húmero y el radio se fracturen. La articulación radio cubital distal carece de movimientos (Ghezzi, Islas, Castro, Domínguez, Carrica, 2011, p 29- 152).

##### ***Articulación metacarpo - falangiana o menudillo de los animales***

Los principales movimientos son de flexión y la extensión. En la flexión, el rayo falangiano es arrastrado hacia palmar y la primera falange y los grandes sesamoideos deslizan como un solo segmento sobre la superficie del cóndilo del metacarpo. Los sesamoideos se elevan nuevamente sobre la cara palmar de este hueso, contra el cual se apoyan fijando un límite a los movimientos. La extensión se efectúa con un mecanismo inverso (Ghezzi, et al, 2011, p 29- 152).

### ***Articulación radio - carpiana o antebraquicarpiana de los animales***

La primera fila del carpo se mueve sobre la superficie antebraquial, arrastra la mano sobre sí misma. Los movimientos son completados y ampliados, como veremos más adelante, de aquellos de la interlínea medio-carpiana. La primera fila del carpo trabaja casi como un menisco entre el antebrazo y la segunda fila, esta última es sólida con el metacarpo. Los movimientos más amplios se efectúan en correspondencia con la interlínea antebraquio-carpiana la cual funciona como una sinovial condílea. Los principales movimientos y los más extensos en todas las especies son la flexión y la extensión, a los cuales se les puede agregar la abducción. La abducción y la circunducción son menos amplios en los carnívoros (Ghezzi, et al, 2011, p 29- 152).

#### **2.4.2. Las articulaciones que se van a encontrar en el miembro posterior son.**

##### ***Articulación sacroilíaca***

Las superficies que se articulan en esta zona es la cara articular de las alas del ilion y el sacro es de tipo Sinovial cartilaginosa (Correa, González, Olaya y Pérez, 2017).

### ***Articulación coxofemoral***

Las superficies que se van a articular en esta porción son la cabeza del fémur y la superficie articular del acetábulo. La cual realiza movimientos de flexión, extensión, abducción, aducción y rotación es de tipo Sinovial (Correa et al, 2017, p 1).

### ***Articulación femoro-tibial:***

Las zonas que se articulan son los cóndilos del fémur y los de la tibia. Los movimientos que ejecuta son flexión, extensión y rotación es de tipo: Sinovial (Correa et al, 2017, p 1).

### ***Articulación femoro-rotuliana:***

Un conocimiento perfecto de la articulación de la rodilla interesa al médico práctico, la articulación de la rodilla es una trocleartrosis que une el fémur a la tibia y la rótula, de modo que por su especial construcción reviste una importancia medular en el proceso de marcha, carrera y salto, debido a su diseño, y su articulación está dotada de un solo sentido de libertad de movimiento: la flexión-extensión, aunque de manera accesoria posee un segundo sentido de libertad: la rotación sobre el eje longitudinal de la pierna, que solo aparece cuando la rodilla ha sido flexionada (Gongora, Rosales, González, Pujals, 2003 p,1)

***Articulación tarsotibial:***

La misma que permite movimientos de flexión y extensión. Es una articulación Sinovial tipo Gínglimo (Aguinaga, 2015, p 26).

***Articulaciones intertarsianas proximal y distal:***

Genera movimientos de deslizamiento en los huesos tarsianos. Es una articulación Sinovial tipo Artrodial (Aguinaga, 2015, p 26).

***Articulación tarso-metatarsiana:***

Esta articulación permite los movimientos de flexión y extensión. Es una articulación Sinovial tipo Gínglimo (Aguinaga, 2015, p 26).

**2.5. Etología Clínica canina**

La etología clínica es una especialidad de la medicina veterinaria, que tiene por objetivo, diagnosticar, tratar y prevenir los problemas de los animales domésticos que sean de comportamiento. Esta misma ciencia ha tenido una gran importancia en la última década (Damián, Ruiz, Belino y Rijo, p, 20-21, 2011).

Las complicaciones en el comportamiento del paciente son aquellos que puedan generar estímulos negativos, tales como algún tipo de daño físico, molestia o alguna enfermedad en el paciente. Algunas investigaciones realizadas en países como Estados Unidos o en el Reino Unido nos indican

que un 80 % de los dueños de perros han presentados algún tipo de problema en el comportamiento en sus mascotas. Los problemas de conducta se pueden clasificar en aquellos que se relacionan con la agresividad, conducta destructiva, ladridos excesivos, miedos, fobias, estereotipias (Damián et al, p, 20-21, 2011).

La agresividad es un punto muy importante en el comportamiento de los animales, ya que es de carácter social entre los mismos, se puede describir como la intención de un animal de generar algún tipo de daño a otro animal ya sea por medio de amenazas o por ataque directo (Damián et al, p, 20-21, 2011).

### ***La agresión puede ser influenciada por***

- **La Genética o por dominancia:** Propia de cada especie y de cada paciente.
- **Factores hormonales:** Estado orgánico de cada animal, en donde se considera de forma distinta la producción de diferentes hormonas y la presencia de ciertas patologías
- **Estímulos ambientales:** Sonidos o cosas en movimiento.
- **Aprendizaje:** puede ser por algún efecto traumático



- **Estado o nivel de emoción:** Excitación, angustia o estrés en el animal (Gutiérrez, 2012, p 1).

### ***La agresión puede ser***

- **Ofensiva (Dominio Social):** Aparece después del primer año de edad, se da como un intento de no intencional de ganar un puesto a nivel jerárquico (Gutiérrez, 2012, p 1).
- **Predatoria:** Se explica así misma como una conducta alimentaria, el acechar a la presa, perseguirla, morderla, matarla y comérsela (Gutiérrez, 2012, p 1).
- **Defensiva:** Es la realizada por un individuo hacia otro percibido como instigador o amenaza (Gutiérrez, 2012, p 1).

### ***Incluye***

- El miedo.
- Defensa territorial.
- Protección.
- Irritable, dolor o frustración.
- Parental.

## **2.6. Reglamento Nacional De Tenencia De Perros**

En sus puntos principales el reglamento establece:

### **Obligaciones**

- Otorgar condiciones de vida adecuadas a las características del animal.
- Educar, socializar e interactuar con el perro en la comunidad.
- Mantener únicamente el número de perros que las normas de bienestar animal permiten.
- Recoger y disponer sanitariamente los desechos del animal.
- Cuidar que los perros no causen molestias a los vecinos (PAE, 2009, P1).

### **Prohibiciones**

- Maltratar, golpear o someter al animal.
- Abandonar o mantener en estado de aislamiento.
- Encadenar, enjaular o confinar permanentemente en terrazas, patios, balcones o similares.
- Envenenar masivamente perros propios o ajenos.

- Usar la imagen de perros para simbolizar maldad, agresividad o peligro (PAE, 2009, P1).

## **2.7. Biomecánica**

Es una disciplina que utiliza los métodos y los principios de la mecánica para el estudio de los movimientos de los seres vivos, dentro de los parámetros de estudios también implican la falta de movimiento y como esta puede generar movimiento, dentro de la misma se estudia las fuerzas externas e internas del cuerpo por medio de la cinética, y los movimientos que tengan relación con los mismos por medio de la cinemática (Izquierdo, 2008 p, 2).

### **2.7.1. ¿Cómo se desplazan los animales?**

Los animales de cuatro patas para poder generar movimiento apoyan la extremidad posterior izquierda y después la extremidad izquierda delantera, después apoyan la extremidad posterior derecha, luego la extremidad anterior derecha, y en esa forma siguen la cadena. Esta forma de generar movimiento le proporciona al animal una estabilidad estática, esto nos indica que cuando el animal está caminando despacio tiene una pata alzada y recibe estabilidad de tres patas, esto genera un triángulo, siendo este el centro más cerca de este triángulo va a recibir una mejor estabilidad (L.C, 2009, p,1 ).

## **2.8. Traumas Óseos**

Según Rojas, las enfermedades del sistema esquelético se presentan con frecuencia, acompañadas por déficit de motricidad o trastornos funcionales. El grado del deterioro depende del problema específico y de su gravedad; las afecciones más comunes son en el sistema óseo y articulaciones (Rojas, 2015, p.30).

Los traumas óseos son patologías que se presentan generalmente por la limitada movilidad de los huesos y sus articulaciones adyacentes, en la mayoría de los casos nos encontramos con estos traumas que son causas de fracturas, fisuras o distorsión de una articulación en específico (Rojas, 2015, p.30).

Una fractura se caracteriza por ser una lesión completa o incompleta en la continuación de un hueso o cartílago, la podemos encontrar como un desplazamiento de los fragmentos y por lo general se puede observar daños en los tejidos blandos adyacentes (Suazo, 2012 citado por García, Quintero, Pulido, 2014 p. 24).

Este tipo de acontecimientos se producen por traumas fuertes o debilitamiento de la parte ósea del área comprometida, se deberá investigar

las causas del problema para poder proceder a un tratamiento adecuado (Wheeler 2002 citado por García et al, 2014 p. 24).

### **2.8.1. Tipos de fracturas.**

Para su estudio y tratamiento la lesión se puede dividir en dos grandes grupos: fracturas estables y fracturas inestables, determinadas por un grupo de parámetros radiográficos, entre los que se pueden señalar: la presencia o no de conminución (Rodríguez, Gamez, Gómez y Requeiro, 2014, p.896).

La atención adecuada de estas fracturas implica restablecer la anatomía articular, de forma tal que se logre una adecuada función en la articulación, con la presencia de la menor cantidad de complicaciones posibles (Rodríguez, et al, 2014, p.896).

**Tabla 1.** Clasificación de las fracturas en las extremidades y sus mecanismos de producción

<b>Tipos de clasificación</b>	<b>Tipo de fractura</b>	<b>Definición</b>
Localización	Diafisiaria	En la parte central de los huesos largos.
	Metafisiaria	La porción de los huesos que comprende la diáfisis y la epífisis.
	Epifisiaria	En el extremo de los huesos largos.
	Articular	En las articulaciones. Puede ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intracapsular: dentro de la cápsula.</li> <li>• Extracapsular: fuera de la cápsula.</li> <li>• Intrarticular: en la articulación.</li> <li>• Supracondilea: encima de los cóndilos.</li> </ul>
Extensión	Completa	Fractura que se produce en todo el hueso y que separa más o menos los fragmentos.
	Incompleta	No destruye completamente la continuidad del hueso.
Configuración	Transversal	Forma un ángulo recto con el eje del hueso.
	Longitudinal	Es paralela al hueso.
	Oblicua	Forma un ángulo agudo en relación con el cuerpo del hueso.
	Espiroidea	Se encuentra alrededor del hueso.
Relación de los fragmentos	No desplazada	Todos los fragmentos permanecen alineados.
	Desplazada	Hay fragmentos separados de la fractura.
	Cabalgada	No hay rotura de la piel pero un fragmento de hueso se encuentra por encima del otro.
	Impactada o superpuesta	Los fragmentos óseos se empujan uno dentro de otro.
Relación de la fractura con el ambiente externo.	Cerrada	Pérdida de continuidad del hueso con integridad de la cubierta cutánea que no expone al hueso.
	Abierta	Existe comunicación entre la fractura ósea y el exterior a través de una disrupción cutánea de los tejidos blandos. De esta puede haber tres grados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado I: menor de 1cm de longitud que se produce desde el interior.</li> <li>• Grado II: menor de 5 cm de longitud con poca o mínima contaminación.</li> <li>• Grado III: mayor de 5cm de longitud con contaminación o lesión importante de los tejidos blandos y acompañada normalmente de fractura segmentada.</li> </ul>

Fuente: Olías (2012)

*Continúa...*

...Sigue

<b>Tipos de clasificación</b>	<b>Tipo de fractura</b>	<b>Definición</b>
Otros tipos de fractura	Simple	Fractura en la que han quedado íntegros los tegumentos subyacentes.
	Complicada	Fractura con lesión en los tejidos adyacentes y salida del hueso al exterior.
	Segmentaria	Se fractura y desprende un segmento de hueso.
	Arrancamiento	A nivel de la inserción de un músculo o tendón. Por contracción muscular o tensión ligamentosa.
	Metástasis fértil	En niños, el trazo de la fractura atraviesa el cartílago de crecimiento pudiendo ocasionar disimetrías.
	Compresión	Existe aplastamiento del hueso.
	Conminuta	Hay varios fragmentos de hueso.
	Tallo verde	Rotura de un lado de un hueso con angulación plástica de otro. Típica en niños.
<b>Mecanismo de producción</b>		<b>Definición</b>
Tracción		Arrancamiento óseo por estiramiento excesivo de los ligamentos o de las estructuras de inserción.
Flexión		Modificación de la alineación normal de la extremidad.
Deslizamiento		Producida por dos fuerzas en sentido opuesto perpendicularmente al eje del hueso.
Torsión		Se origina por la torsión de una extremidad.
Compresión		Acción de dos fuerzas opuestas al eje perpendicular del hueso.
Patológico		No hay ninguna fuerza externa que lo produzca; es la patología ósea del paciente la que lo produce.

Fuente: Olías (2012)

La consolidación de una fractura es un proceso lento, sometido a un estado de inmovilización de la zona lesionada y tiene tendencia a la curación por formación de un callo óseo que engloba los extremos fracturados. El volumen de este callo es directamente proporcional a la inestabilidad de la fractura. Este proceso consta de tres fases (Díaz et al, citado por Quintero y Pulido 2014, p.24):

- **Fase inflamatoria.** En esta fase encontramos la formación de un coagulo que cerca al material lesionado, va a generar una respuesta inflamatoria que tendrá como características una porción inflamatoria con exudación, vasodilatación, con leucocitos polimorfonucleares y macrófagos (Díaz et al, citado por Quintero y Pulido 2014).
- **Fase reparadora,** En esta segunda fase se puede observar la segmentación celular en la porción osteogénica del periostio y endostio, y las porciones muertas de la fracturase reabsorben dando lugar al inicio del callo óseo, el mismo que tiene como función principal formar puentes entre las porciones de la fractura, este callo anteriormente mencionado le da al hueso comprometido un plazo de alrededor dos semanas para poder conectarse con la porción no afectada dando lugar así a un nuevo tejido óseo (Díaz et al, citado por Quintero y Pulido 2014).
- **Fase de remodelación,** En esta última fase el hueso en si tiende a remodelarse, desapareciendo el callo interno y externo, este proceso permite que la cavidad medular se abra y que la arteria medular vuelva a reconstruirse (Díaz y Durall, 1999; Pretell, 2009 citado por Quintero y Pulido 2014).



### 2.8.2. ¿Qué recomendaciones se pueden dar para el tratamiento de algunos tipos especiales de fracturas?

- **Fracturas incompletas (en tallo verde):** Puede ser dificultoso su diagnóstico ya que no hay signos visibles que le permitan al especialista detectar en primera instancia este tipo de fractura (Alexander, 1985 y Carmichel, 1999, citado por Wheeler, Adagio, D'Amico, Hagge, Lattanzi, Schieda, Sanfilippo, 2002 p. 63).

El paciente puede tener problemas para movilizar el área afectada y posible dolor local en el lugar de la fractura, para obtener el diagnóstico definitivo se debe hacer una serie de radiográficas para detectar la forma y el tamaño del problema, se usarán varias posiciones para detectar como es el problema real (Wheeler et al, 2002, p.63).

El tratamiento primario debe ayudar a la prevención de la propagación de la línea de fractura y de la producción de una fractura completa y prevenir la angulación en el lugar de la fractura cuando el hueso cura. El tratamiento inicial, y a veces el definitivo, debe ser la colocación de un vendaje (fijación externa). Este vendaje puede ser enyesado o se pueden usar vendajes con soporte rígido (férula de Masson o Spica). También puede usarse la fijación esquelética externa, cuando el hueso es menos accesible o para el uso de

vendajes (fémur, húmero) lo que proporcionará el soporte necesario. Como las fracturas se consolidan muy rápido, en cualquiera de los dos métodos de fijación que mencionamos, habrá que planificar la retirada temprana del soporte en 3 a 4 semanas (Wheeler et al, 2002, p.63).

- ***Fracturas simples***

Se presentan con una sola línea de fractura la misma que posee una alteración severa de uno de los parámetros anteriormente mencionados, las fracturas articulares o extraarticulares, estas serán consideradas como potencialmente inestables, ya que, aunque en una primera instancia obtengamos una buena disminución podrán aparecer desplazamientos secundarios en las semanas consecutivas que justifiquen nuevas opciones en el tratamiento (Abad, García de Lucas, Delgado, y Fuentes, 2007 p, 21).

Lo que en estos casos se recomienda es que las fracturas potencialmente inestables sean tratadas inicialmente con maniobras de reducción cerradas haciendo un seguimiento radiológico en los primeros días muy riguroso. Las inspecciones se realizarán en plazos inferiores a los tres días hasta confirmar la estabilidad o la ausencia de movimiento de la fractura. En caso de apreciar desplazamiento de los fragmentos, se procederá a una nueva e inmediata reducción con

la aplicación de algún tipo de fijación que normalmente será simple y cerrada (Abad, García de Lucas, Delgadp, y Fuentes, 2007 p, 21).

Si desde un primer momento detectamos dificultad en conseguir recuperar la anatomía o entendemos que este gesto será insuficiente, justificamos la aplicación de algún medio de síntesis siempre a criterio del cirujano, que garantice la estabilidad de la lesión y evite nuevos desplazamientos (Abad, García de Lucas, Delgadp, y Fuentes, 2007 p, 21).

- ***Fracturas conminutas***

Esta fractura involucra a lo menos tres fragmentos de fractura, de los cuales uno está completamente alejado. Los surcos de la fractura pueden ser oblicuos o transversos, cabe recalcar que los mismos se conectan a cierto punto. Su causa es por un fuerte impacto por lo general dado por algún choque de automóvil. Son difíciles de manejar y fijar por su falta de estabilidad. Se requiere de un tratamiento continuo de tracción y alineación. Este tipo de fractura se subdivide en (Gutiérrez, 2012 p, 4). :

***Fractura en cuña*** Es una fractura multifragmentaria con algún contacto entre los fragmentos principales después de la reducción clínica

- ***Fractura en cuña reducible:*** Estos fragmentos poseen un largo y un ancho de que un tercio del diámetro del hueso. Después de la

reducción y fijación de las mismas al fragmento principal, el resultado es una fractura simple (Gutiérrez, 2012 p, 4).

- *Fractura en cuña no reducible*: Los fragmentos poseen un largo y un ancho menor que un tercio del diámetro del hueso y que termina siendo un defecto entre los fragmentos principales después de la reducción mayor a un tercio del diámetro (Gutiérrez, 2012 p, 4).
- *Fractura múltiple o segmental*: En este tipo de fractura se encuentra el hueso quebrado en más de 3 segmentos lo que ocasiona que las líneas de fractura no se reúnan en un punto común, esta es una diferencia de la fractura multifragmentaria. Pudiéndose denominar como dos fracturas independientes que afectan al mismo hueso. Generalmente se requiere de dos reducciones y dos fijaciones (Gutiérrez, 2012 p, 4).

## **2.9. Amputaciones**

Se debe optar esta técnica cuando ya intentar salvar la extremidad afectada no es viable, esto es en última instancia la única solución (Fernández, 2004 p.3).

Cualquier respuesta a la maniobra quirúrgica de una amputación siempre será de carácter individual, pero, es afectada por

elementos como la edad, contextura física y cuidados en casa por parte de los dueños del paciente (Osorio, 2012. p 2).

### 2.9.1. Consideraciones quirúrgicas en una amputación.

- **Nivel de amputación:** Lo acuerdan las consideraciones quirúrgicas. Debe realizarse de forma que los tejidos que cicatricen bien y a un nivel que descarte la parte comprometida o anormal (Osorio ,2012 p.3).
- **Colgajos cutáneos:** Es necesario cubrir la parte del muñón con piel buena. La piel de la parte distal del muñón debe tener una capacidad móvil y poseer una sensibilidad estándar. La cicatriz no debe estar pegada al hueso subyacente porque va a dificultar el ajuste de la prótesis en dicha extremidad y porque este tipo de cicatriz se abre tras el uso de prótesis por tiempo largo (Osorio, 2012, p.3).
- **Músculos:** Se cortan justo por debajo del nivel requerido de sección del hueso para que sus porciones distales se retraigan hasta ese nivel. Puede ser necesario biselar o contornear los músculos para obtener un muñón adecuado y no demasiado abultado (Osorio, 2012, p.3).

- **Huesos:** Se debe guardar una proporción adecuada en relación con la longitud músculo-tendinosa y cutánea, la misma que tiene la finalidad de la aproximación de los tejidos se realice sin tensión y que exista una buena cobertura ósea (Álvarez, Carreño, Rodríguez,1999, p, 2).
- **Nervios:** Se debe realizar la tracción de los nervios con el fin de que el corte del mismo reste mucho más proximal que el resto de los tejidos, para que haya una retracción y evitar que exista algún tipo de neurinomas en la cicatriz (Álvarez, et al 1999, p, 2).

Cabe recalcar que debe procederse con los tendones y con los cartílagos articulares, ya que son tejidos sin vascularización, que pueden interferir en la formación de tejido de granulación, es importante asegurarse de no dejar esquirlas óseas en la herida, ni rebordes cortantes porque pueden generar algún problema, en última instancia se recomienda realizar lavados de forma reiterada en la herida quirúrgica con una gran cantidad de suero fisiológico y/ o antiséptico antes de proceder a su cierre (Álvarez, et al.1999, p, 2).

## **2.10. Prótesis**

Es un dispositivo diseñado para substituir una porción del cuerpo que este faltante y su función radica en que dicha parte trabaje mejor, ya sean en los ojos, las extremidades o las articulaciones faltantes o enfermas, cuando

cualquier parte del organismo tiene problemas de la correcta función usualmente es reemplazada por dispositivos protésicos (Vorvick, 2015, p, 1).

Con el avance de la medicina y la tecnología en el campo ortopédico ya es posible el diseño de Órtesis y las prótesis, se han convertido en aparatos de ayuda para mejorar el estilo de vida de los animales que han sufrido algún tipo de trauma que haya terminado en amputación, evitando así que puedan sufrir algún tipo de patología a temprana edad. Este tipo de herramienta se pueden diseñar tanto artesanal como industrialmente, de diferentes materiales (Rubio, 2011, p, 41-42).

### **2.10.1. Tipos de prótesis.**

**Dentro de estas se incluyen**

- Miembros artificiales
- prótesis auditivas
- prótesis oculares
- prótesis faciales
- prótesis maxilofaciales
- prótesis sexuales
- prótesis dentales

Después de la clasificación de las mismas se toma como muestra a las prótesis de miembros artificiales que se dividen de acuerdo a su nivel de amputación en:

Grupo de prótesis artificiales de miembros superiores:

- Transhumerales
- Transradiales
- Parciales de mano

Depende de su funcionalidad se volverán activas o pasivas, se pueden dividir según el tipo de energía que utilizan, que se llamarían mecánicas, mioeléctricas o híbridas (Galindo y Vélez, 2012, p 33).

Grupo de prótesis de miembros artificiales de miembro inferior estos se van a dividir de acuerdo al nivel de amputación, un ejemplo claro puede ser la amputación parcial de pie; según el material constitutivo que pueden ser convencionales (estándar) o modulares y según sus particularidades estructurales que constituyen las endoprotesis (de rodilla y cadera) y las exoprotesis (de miembros) (Galindo y Vélez, 2012, p 33).



## **2.11. Impresiones en 3D**

Una impresora 3D es una máquina capaz de efectuar "impresiones" de bocetos en una tercera dimensión a partir de un diseño digitalizado en computadora. El funcionamiento se basa en un inyector y cabezal que se mueve en 3 planos XYZ. Frecuentemente se ha utilizado en la prefabricación de piezas o componentes para la arquitectura y el diseño industrial. En la actualidad se está desarrollando el manejo para la elaboración de prótesis médicas, ya que este tipo de impresión permite adaptar cada pieza fabricada a las características propias de cada paciente (Cuellar, 2015 p2).

Según Esquivel (2014, p.7), la impresora en 3D contiene materiales que pueden ser maleables, entre ellos plásticos, en lugar de contener cartuchos con tinta negra o de colores. El siguiente paso es imprimir la pieza completa o por partes según lo que se requiera dependiendo de las características de cada impresora.

## **2.12. Impresoras 3D: ¿qué materiales usan?**

### **2.12.1. ABS**

Este material es de donde se proceden las piezas de Lego, también se lo utiliza en la carrocería de los vehículos, los electrodomésticos y las carcasas de los teléfonos celulares. Este material pertenece a la familia de los plásticos térmicos, pero contienen una base de elastómeros a base de

polibutadieno que los hace más flexibles y resistentes a los golpes (Sanchez, 2015).

El plástico ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) se derrite entre 200 y 250 °C su característica principal es la capacidad de resistir temperaturas muy bajas (-20 °C) y muy elevadas (80 °C). Aparte de su alta resistencia, este material nos permite obtener un plano muy pulido, es reutilizable y puede ser adherido mediante procesos químicos (un claro ejemplo es el uso de la acetona). Cabe recalcar que este material no es biodegradable y se encoje al contacto con el aire, por este motivo la superficie de impresión debe estar caliente al momento de realizar la impresión para poder evitar el despliegue de las piezas (Sanchez, 2015).

### **2.12.2. PLA**

A diferencia del plástico ABS este material (ácido poliláctico) tiene la particularidad de ser biodegradable, ya que su fabricación es a base de materiales renovables (almidón de maíz). Una de sus características principales es que es capaz de encogerse levemente posterior a su impresión en 3D característica por la cual no es necesario que está asentada sobre una superficie caliente en la impresión, gracias a su carácter no tóxico, este material se lo puede usar en objetos que estén en contacto con alimentos o para uso en medicina. Comparando ambos plásticos el ABS y el

PLA el segundo es de manipulación más compleja por la elevada rapidez para enfriarse y volverse sólido (Sánchez, 2015).

### **2.12.3. Poliamidas**

A inicio del 2013 se pudo encontrar en el mercado El nylon como un polímero que pertenece al grupo artificial de las poliamidas, su característica es que es termoestable, una característica que se requiere para ser un elemento al momento de realizar una impresión en 3D junto a los materiales actualmente conocidos, tiene una gran resistencia y una gran flexibilidad junto a una buena durabilidad considerada extrema, hablando sobre su capacidad de romperse, tiene cualidades óptimas para volverse material del futuro en el campo de las impresiones en 3D (Nebot, 2015, p, 17-18).

Las impresoras 3D regularmente utilizan diversos polímeros como material de impresión, pero además existen clases especiales de impresoras tales como Foodini, impresora que crea comida, o algunas que hasta pueden imprimir casas depositando cemento por capas, es común encontrar dos tipos de modelos comerciales (Cuellar, 2015 p2).

- **Compactación:** con una masa de polvo que se compacta por estratos (Cuellar, 2015 p2).

- **Adición:** de inyección de polímeros, en las que el propio material se añade por capas.

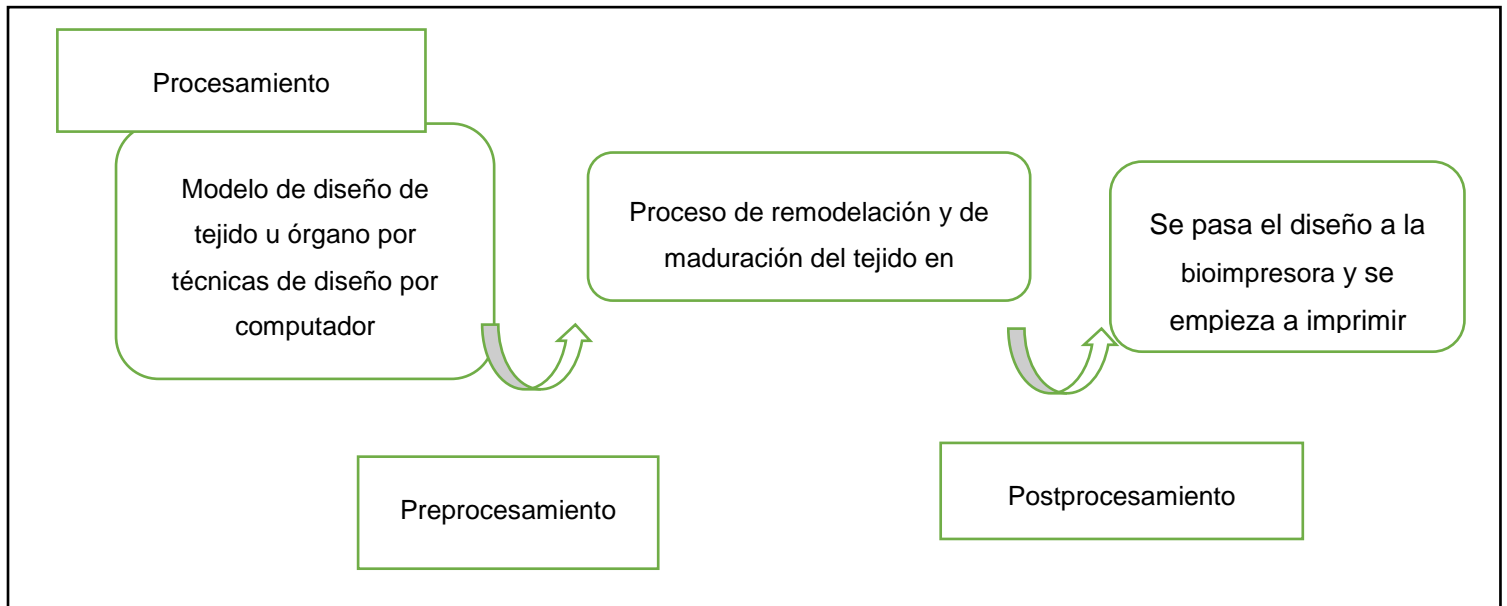
Depende del método empleado en la compactación del polvo podemos clasificarlos en:

- **Impresoras 3D de tinta:** se manejan con una tinta aglomerante para compactar el polvo. El uso de una tinta permite la impresión en varios colores.
- **Impresoras 3D láser:** un láser transfiere energía al polvo haciendo que se polimerice. Después se sumerge en un líquido que hace que las zonas polimerizadas se solidifiquen (Cuellar, 2015 p2).

### **2.13. Bioimpresión en 3D**

La Bioimpresión es un procedimiento de construcción capa por capa de materiales vivos y no vivos, basados en un diseño digital en el ordenador para producir estructuras de bioingeniería para prestar un servicio a la medicina regenerativa y algunos estudios biológicos. El proceso de Bioimpresión de puede dividir en tres pasos (García y Vidarte, 2011, p.3 y 4).

**Gráfico 1.** Pasos para una Bioimpresión



Fuente: García y Vidarte, (2011, p.3 y 4)

## 2.14. Pasos para la impresión en 3D

### Paso 1: Diseñar el objeto en tu ordenador

El primer paso es crear y tener listo el objeto que se va a usar antes de mandarlo a la impresora. Posterior a tenerlo listo se procederá a escanearlo con un scanner que digitaliza la imagen, la parte de diseño se puede hacer con varios programas de diseño (Polo, 2015, p, 1).

Después de tener el objeto preparado y previamente digitalizado, lo guardaremos en un archivo. Todo este procedimiento se puede descartar

si hacemos uso de las bibliotecas de diseños 3D que existen en Internet, sin embargo, es importante asegurarse, que los modelos se puedan imprimir (Polo, 2015, p, 1).

Después de tener los archivos en. stl, procedemos a abrirlo en el software seleccionado que es un software de corte el cual sirve para posicionar el objeto sobre la cama de impresión y así asegurarnos de que cubra el área y que necesite la cantidad mínima de material de soporte posible (Polo, 2015, p, 1).

## **Paso 2: Desde el ordenador a la Impresora**

El Segundo paso es la impresión como tal. Una impresora 3D FDM puede imprimir en una extensa diversidad de materiales, como plástico, maderas o metales. En la impresora, el filamento se calienta y se extrude a través de la boquilla (Polo, 2015, p, 1).

La boquilla se une a una pista en movimiento y le da forma a la capa de plástico sobre la cama de impresión, construyendo un objeto en 3D En este proceso, la boquilla extrudirá algunas capas más finas de plástico, que serán el material de soporte, es decir ayudarán durante la impresión para que la pieza se conserve. El material de soporte se necesita cuando se imprimen piezas diseñadas para ser colgadas, o que sobresalen del

objeto 3D a imprimir en cuestión, después de la extrusión, el plástico necesita enfriarse para mantener su forma. El tiempo de impresión puede ser variable y depende de factores tales como el relleno del objeto, su tamaño o su complejidad (Polo, 2015, p, 1).

### **2.15. Plástico PLA (ácido poliláctico)**

El ácido poliláctico, PLA, es un poliéster termoplástico que forma parte de los  $\alpha$ -hidroxiácidos; su antecesor es el ácido láctico, el cual es molécula quiral. El lactido, monómero del ácido poliláctico, es una molécula que está bajo 4 formas: L, D, meso y racémica. El ácido láctico (ácido 2-hidroxipropanoico,  $\text{CH}_3\text{CHOH-COOH}$ ), contiene un átomo de carbono asimétrico y es el hidroxiácido más sencillo que existe. Hay dos isómeros ópticos, el D (-) láctico y L (+) láctico y una modificación racémica constituida por fracciones equimolares de las formas L (+) y D (-). A diferencia del isómero D (-), la configuración L (+) es metabolizada por el cuerpo humano. Se descubrió en el año 1780 por el ingeniero químico sueco Scheele, el mismo que lo aisló de la leche agria. Consecutivamente se encontró este mismo ácido en la sangre (Serna y Albán, 2011, p 22).

En el campo de la cirugía el L-P.L.A. tiene grandes aplicaciones; los materiales disponibles en el mercado son: Material de sutura reabsorbible (cirugía oftalmológica, conjuntival, toracoabdominal, anastomosis

neurológicas), material de cirugía ortopédica (implantes reabsorbibles), tornillos, broches, placas, grapas, cirugía reconstructiva craneofacial maxilofacial (tejidos óseos y tejidos blandos), prótesis ortopédicas (Serna y Albán, 2011, p 22).

El PLA es utilizado en la creación de matrices para regeneración guiada de tejidos como piel, cartílagos, huesos, estructuras cardiovasculares, intestino, tejido urinario, también es utilizado para microencapsular y nanoencapsular medicamentos de liberación lenta como insulina; cisplatino, taxol, somatostatina, antiinflamatorios, ganciclovir, inhibidores angiogénicos, entre otros. El medicamento es absorbido en el centro de una matriz de microesferas de polímeros de PLA, la cual es capaz de proteger el medicamento o el organismo. A medida que la matriz se hidroliza, el medicamento se va liberando. También se utiliza en la aplicación de quimioterapia anticancerosa o en contracepción (Serna y Albán, 2011, p 22).

### **2.16. Tinkercad**

Tinkercad es un software de pc y que es online creado por la empresa Autodesk, este programa funciona a la perfección con cualquier tipo de navegador web (Windows, Mac o Linux) y su función es la de permitir



diseñar y modelar objetos en 3D, por medio de figuras geométricas (Palou,2015, p, 1).

La facilidad al momento de manejar este programa, lo convierte en una herramienta de fácil uso para aprender el modelado en 3D, asimismo también porque incluye una variedad de tutoriales interactivos que se pueden abrir dentro de la aplicación, sin olvidar la facilidad de aprender el uso del mismo a través de videos y tutoriales que se pueden encontrar fácilmente en Google (Palou, 2015, p, 1).

El resultado final del diseño terminado en este programa tiene la cualidad de ser compatible con la mayoría de las impresoras en 3D para poder imprimirlos (Palou, 2015, p, 1).

### **2.17. Elaboración del manual**

Un manual de procedimientos es un instrumento de ayuda, el mismo que tiene por función una serie de pasos que deben seguirse para la ejecución de las funciones establecidas en dicho caso, facilita las labores de control interno y su vigilancia (Palma, 2003, p,1).

Los pasos para la realización de un manual es la siguiente:

- Todo manual debe tener información básica del tema en cuestión, ejemplo logotipo, nombre del procedimiento entre otros.
- El manual debe tener el objetivo específico claro ya que con el mismo se podrá detallar el procedimiento a seguir.
- Una vez que se tiene los objetivos claros se puede describir paso a paso lo que se debe realizar y quién es el responsable de cada tarea y acción.
- Una vez que se tiene todos los pasos anteriores para finalizar se debe incluir en el manual diagramas de flujo, que permitan saber cuál es la secuencia de la información o de los documentos a lo largo del procedimiento que se acción (Heredia, 2013, p, 1).

### **3. MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. Localización del ensayo**

El estudio se realizó en la Ciudad de Guayaquil en la veterinaria Agrosierra ubicado en Febres Cordero y Noguchi y las pruebas del prototipo de prótesis en el domicilio del paciente ubicado en el Recreo 5

#### **3.2. Características Climáticas**

Clima húmedo y caliente, con una temperatura que oscila entre 23 °C y 28 °C.

#### **3.3. Materiales**

- Computador
- Impresora 3D
- Polipropileno
- Scanner
- Plumas
- Balanza
- Rollo plástico PLA
- Cinta métrica

- Ketamina
- Acepromacina
- Pechera
- Media
- Software de diseño grafico
- Guantes
- Cuadernos

#### **3.4. Manejo del Ensayo**

Se procedió a tomar dos muestras en extremidades de varios pacientes con amputación, estudiando cada caso según el nivel de amputación para posteriormente elegir al más apto para la fabricación de la prótesis funcional en la extremidad afectada.

Se empezó a seleccionar un paciente que cumpla con los requisitos físicos para poder seleccionarlo, puesto que a pesar de haber un gran número de pacientes, interesados muchos no cumplían con los requisitos necesarios.

Una vez elegido al paciente se procedió a evaluarlo en un consultorio para tomar datos relevantes, como peso, edad estatura, revisión clínica general y estado del paciente.

Posterior a eso se procedió a realizar un escaneo de la parte amputada para digitalizarla y proceder al diseño del prototipo de prótesis.

La primera parte que se imprimió fue la parte del muñón considerada una de las porciones más importantes del prototipo.

Una vez impreso, se procedió a medir si las dimensiones estableciendo las correctas para el paciente, una vez probada en el paciente se procedió a diseñar e imprimir la segunda porción que consistía en imprimir el tronco del prototipo.

Posterior a eso, se midió la altura del tronco junto al muñón considerando la altura necesaria para empezar con las pruebas en el paciente.

Se procedieron con las pruebas del prototipo de prótesis en el perro y se midieron los resultados.

### **3.5. Diseño experimental**

La metodología de investigación a seguir comenzó como exploratoria

- Se investigó problemas poco estudiados, sobre amputaciones en animales y posibles soluciones para mejorar la calidad de vida del animal.
- Se indagó desde una perspectiva innovadora, para la creación de una prótesis funcional, utilizando el programa llamado tinkercad y utilizando el material escogido para el desarrollo del mismo

Luego se realizó una investigación no experimental con diseño longitudinal debido a que se recabó datos en diferentes instancias de tiempo, comprobando la fijación de la prótesis implantada en el paciente para realizar inferencias de acuerdo a la evolución y adaptación, de la prótesis ubicada en la extremidad implantada.

Se culminó con una estadística descriptiva.

## 4. RESULTADOS

Dentro del tiempo en el que se realizaron las pruebas comprendido en un periodo de 25 días (1 vez en la mañana y 1 vez en la tarde) se obtuvo resultados positivos, y variantes importantes a conocer tales como temperamento del paciente, edad del paciente, estado físico del mismo, donde vive el paciente y dedicación del dueño para realizar procedimientos exitosos, llevándose a cabo un procedimiento no invasivo.

Se elaboró una escala tipo de Likert considerando los siguientes criterios:

**Tabla 2.** Resistencia al uso de la prótesis

<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
1	Nunca
2	Casi Nunca
3	A veces
4	Con frecuencia
5	Siempre

Elaborado por: El autor

**Tabla 3.** Distancia recorrida por el paciente

<b>Valor</b>	<b>Metros</b>
1	0
2	1
3	2
4	3
5	4 o más

Elaborado por: El autor

**Tabla 4.** Agresividad del paciente

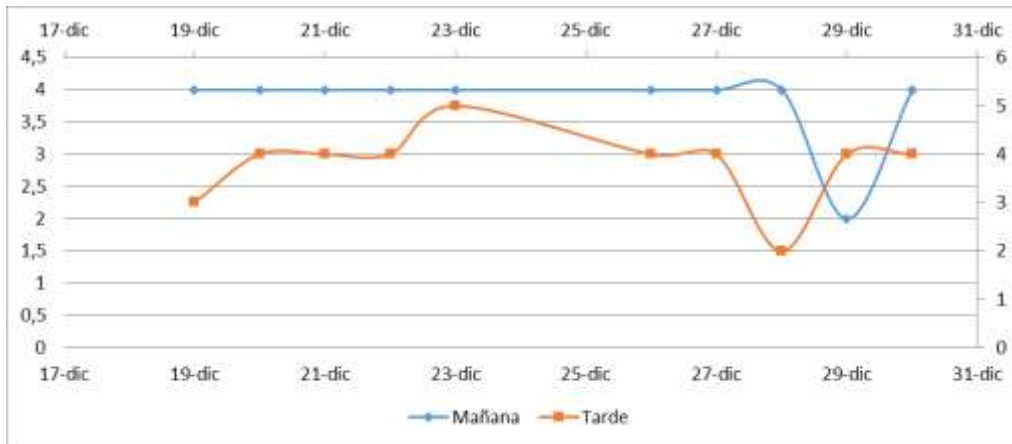
<b>Valor</b>	<b>Agresividad</b>
1	Muy Alto
2	Alto
3	Medio
4	Bajo
5	Nulo

Elaborado por: El autor

Con la ayuda de Excel se obtuvieron las siguientes gráficas, las cuales se presentan a continuación:

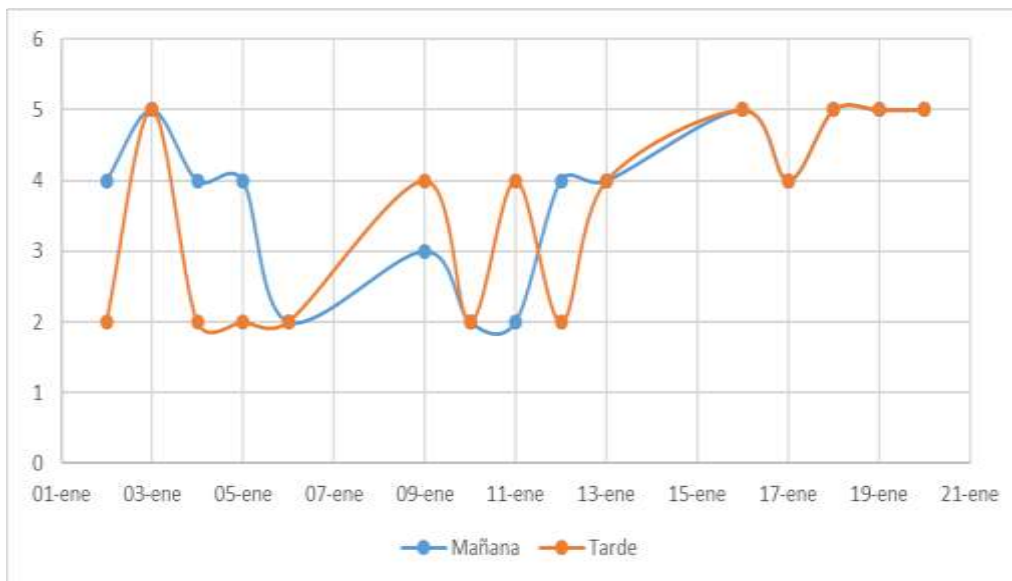


**Gráfico 2. Resistencia al uso de la Prótesis**



**Elaborado por:** El Autor

**Gráfico 3. Resistencia al uso de la Prótesis**

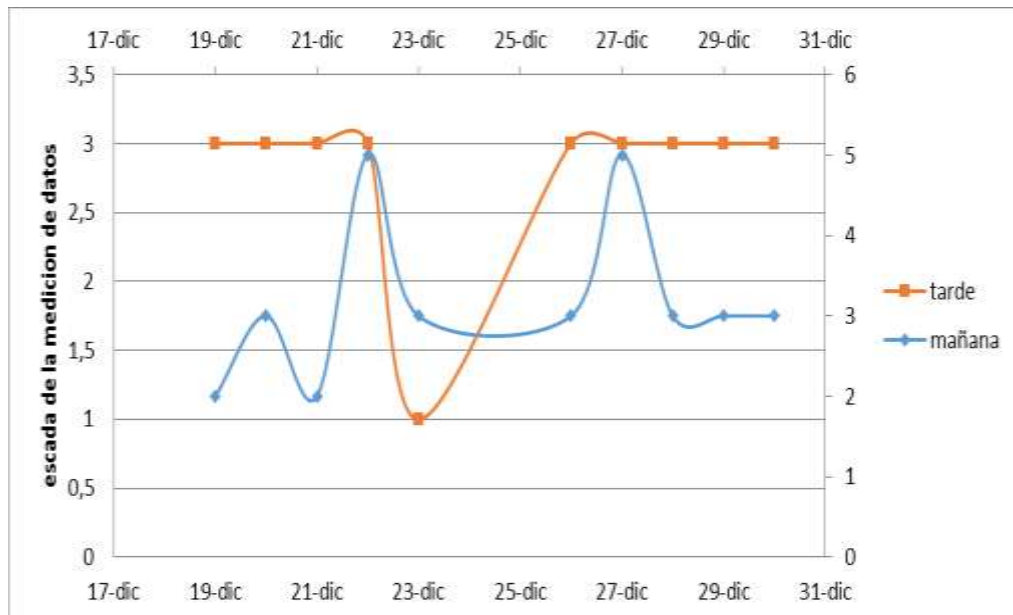


**Elaborado por:** El Autor

En los Gráficos 2 y 3 se muestra el cambio de comportamiento del paciente al momento de aplicar la prótesis, hubieron muchas variantes que estuvieron relacionadas con la afinidad del paciente con uno de los

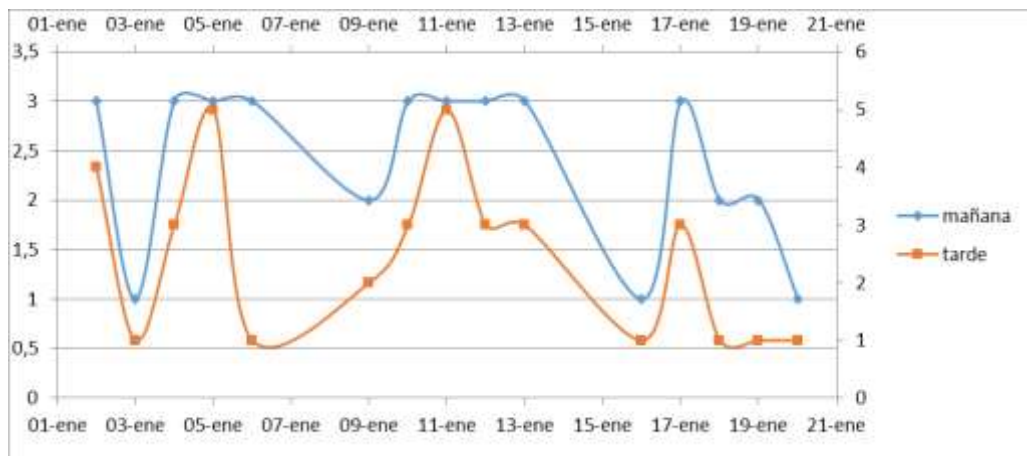
integrantes del hogar donde el mismo reside, en donde 1 es la variante de nunca y 5 era la variante de siempre según escala de Likert elaborada, lo que nos ayudó a detectar como fue la evolución del estudio, en el mes de enero se detectó que hubieron picos de bajada a la resistencia del uso del prototipo y picos de subida en el uso del mismo dando como resultado un aumento de resistencia al uso del prototipo.

**Gráfico 4.** Distancia recorrida por el paciente



**Elaborado por:** El Autor

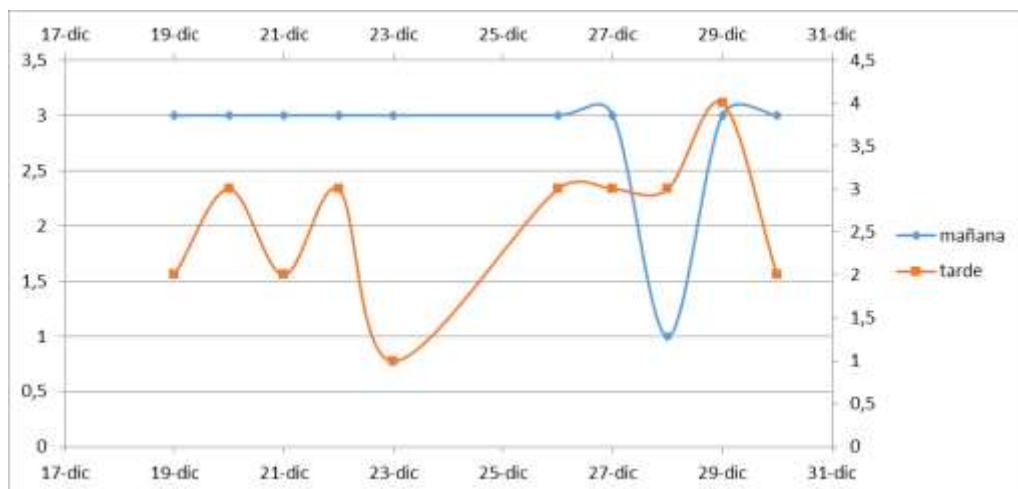
**Gráfico 5. Distancia recorrida por el paciente**



**Elaborado por:** El Autor

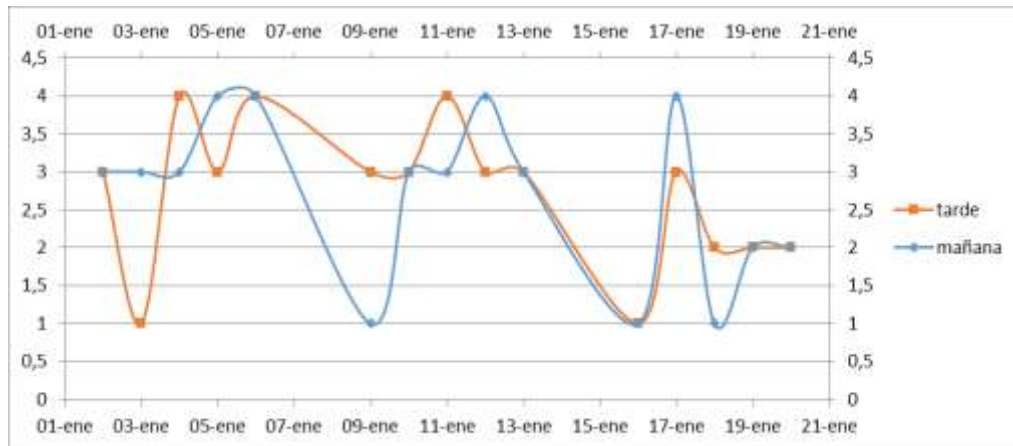
En los Gráficos 3 y 4 se midieron la distancia recorrida en metros, en donde 1 es el equivalente a 0 metros y 5 es el equivalente a 4 metros o más según escala de Likert elaborada, en este cuadro permite observar que el paciente se adaptó bien a la prótesis permitiéndose el mismo desplazarse positivamente dentro de los parámetros establecidos.

**Gráfico 6. Agresividad del Paciente**



**Elaborado por:** El Autor

**Gráfico 7. Agresividad del Paciente**



**Elaborado por:** El Autor

En los Gráficos 6 y 7 se puede observar el temperamento del paciente y como ha cambiado tornándose un poco más agresivo en donde 5 es el nivel más bajo de agresividad y 1 es su pico máximo según escala de Likert elaborada, notamos que en el mes enero hay más picos de agresividad, eso se da por la ausencia de la persona más apegada al paciente y la manipulación del mismo por personas ajenas a su hogar.

Se realizan pruebas estadísticas no paramétricas denominadas Mann-Whitney que a continuación se detallan:

**Tabla 5. Resistencia al uso de la prótesis.**

**Prueba de Mann-Whitney e IC: Mañana. Tarde**

N	Mediana
Mañana 25	4.000
Tarde 25	4.000

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es 0.000  
 95,2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (0.000.1.000)  
 W = 659.0  
 Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0.6837  
 La prueba es significativa en 0.6563 (ajustado por empates)

**Elaborado por:** El Autor

El comportamiento de la mediana es de 4 (frecuentemente se resistió al uso de la prótesis) tanto en la mañana como en la tarde.

**Tabla 6.** Distancia recorrida por el paciente.

<b>Prueba de Mann-Whitney e IC: mañana. tarde</b>	
N	Mediana
mañana 25	3.000
tarde 25	3.000
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es -0.000	
95,2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (0.000.0.000)	
W = 646.0	
Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0.8766	
La prueba es significativa en 0.8618 (ajustado por empates)	

**Elaborado por:** El Autor

El comportamiento de la mediana es de 3 metros (distancia recorrida por el paciente) tanto en la mañana como en la tarde.

**Tabla 7.** Agresividad del paciente.

<b>Prueba de Mann-Whitney e IC: mañana. tarde</b>	
N	Mediana
mañana 25	3.000
tarde 25	3.000
La estimación del punto para ETA1-ETA2 es -0.000	
95,2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (0.000.1.000)	
W = 660.0	
Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0.6695	
La prueba es significativa en 0.6398 (ajustado por empates)	

**Elaborado por:** El Autor

El comportamiento de la mediana es de 3 metros (agresividad del paciente) tanto en la mañana como en la tarde.

Como resultado de mi trabajo de investigación, se elaboró la siguiente guía de desarrollo de prototipo de una prótesis 3D que puede utilizarse con mucha seguridad en pacientes amputados. Permitiendo su reinserción hacia una vida normal, por lo que se solucionaría mucho su problema de inmovilidad.

## **Manual para el diseño de un prototipo de prótesis en impresión 3D**

### **Objetivo específico:**

Dar a conocer en base a la experiencia previa los puntos más importantes al momento de diseñar un prototipo de prótesis funcional para las extremidades de un perro.

### **Introducción**

El siguiente manual tiene como objetivo demostrar los puntos más relevantes en el diseño de la prótesis, desde la selección del paciente, hasta los procesos necesarios para el diseño y el éxito de la misma.

#### **1. Selección del paciente:**

Dentro de este punto se debe elegir a un paciente que cumpla con uno de los requisitos más importantes y es que tenga una amputación parcial del miembro a reemplazar, no se tomara en cuenta aquellos pacientes que posterior a la cirugía los hayan dejado con una porción extremadamente corta

de los huesos humero y fémur, ya que no es posible reemplazar una extremidad individual si no existe forma de fijarla.

## **2. Evaluación del paciente en el consultorio para medir datos relevantes**

En el segundo punto se va a evaluar al paciente para descartar que sufra de alguna enfermedad sistémica, se le tomaran los datos más relevantes como, edad, sexo, raza, estatura, comportamiento fuera de su habitad.

## **3. Evaluación del paciente en el lugar donde habita el mismo para medir temperamento.**

Considerado uno de los puntos pilares para el éxito de las pruebas, es necesario medir el temperamento del paciente en el habitad del mismo, puesto que si se muestra hostil pueda generar el fracaso del tratamiento, una vez diagnosticado su temperamento se procederá a tomar las siguientes decisiones:

- En caso de ser agresivo se procederá a referirlo a un especialista para controlar su temperamento y posterior desensibilizarlo a los estímulos negativos para poder proceder con el siguiente paso del diseño.
- En caso de mostrarse manejable el paciente se podrá dirigir automáticamente al siguiente paso que es la digitalización de la extremidad afectada.

#### **4. Escaneo de la parte afectada para poder digitalizarla**

Una vez completado los pasos anteriores se procederá a sedar al paciente para proceder a usar el scanner 3D para digitalizar la extremidad en cuestión.

Una vez digitalizada, con el software a elección se debe elegir el tamaño que pueda usarse en el paciente

#### **5. Imprimir el muñón para comenzar con las pruebas de adaptación de la extremidad**

Posterior a la impresión del muñón se procederán con las pruebas para determinar si el tamaño del mismo es el óptimo para poder proceder con el diseño del tronco del prototipo.

#### **6. Diseño de la forma del tronco del prototipo**

Usando el software a elección se determinará la estatura del diseño del tronco del prototipo de prótesis, una vez hecho el diseño a la medida se podrá proceder a la impresión de los mismos.

#### **7. Ensamblaje de las partes del prototipo**

Dada la característica de las impresoras 3D no se puede imprimir toda la prótesis en un solo intento, puesto que se corre el riesgo que las medidas tengan algún error, y se vuelva un desperdicio de material, o que la extremidad a reemplazar sea tan grande que no se pueda imprimir



## **8. Pruebas físicas de adaptación del prototipo de prótesis**

Una vez el prototipo ha sido impreso y correctamente adaptado con sus partes y es del tamaño adecuado para el paciente, se deben empezar con las pruebas físicas para detectar si la misma es del tamaño correcto.

## **9. Inicio de pruebas del prototipo de prótesis**

Una vez todos los pasos anteriores han sido cumplidos exitosamente, se empezarán con el horario de adaptación del prototipo de prótesis, diseñando un horario óptimo para el uso del prototipo en el paciente, se deberá cumplir al pie de la letra con el horario establecido para evaluar una óptima adaptación, se deberá tener citas con el médico veterinario a elección para poder descartar algún tipo de daño que pueda causar la prótesis al paciente.

## **10. Evaluar adaptación del prototipo en el paciente seleccionado**

Una vez los puntos anteriores hayan sido completados con éxito, se deberá tener una fecha establecida para los controles del uso del prototipo para evaluar los cambios que haya tenido, cabe recalcar que se deberá tener la ayuda del dueño del paciente para poder percibir el éxito del tratamiento.

## 5. DISCUSIÓN

En un trabajo de ortopedia canina realizado en la provincia de Azuay por Rojas (2015) se analizó el uso de la ortopedia en general para mejorar los problemas en animales que hayan sufrido traumas, desde simples fracturas hasta amputaciones y ver como por medio de diferentes técnicas recuperar o mejorar la calidad de vida de aquellos pacientes traumatizados.

Dentro de sus opciones no solo se consideraba el hecho de crear prótesis, sino también el uso de fisioterapia y sicología canina para entender y tratar el problema a fondo.

El caso muy particular en Carolina del Norte de un cachorro llamado Derby, mismo nació con una deformidad, que no permitió un completo desarrollo de sus extremidades delanteras, a él se le aplicó una prótesis diseñada en 3D, Trabajó con Derrick Campana, un experto en prótesis de animales, que incitó un equipo de colegas para hacer nuevas “patas” para el cachorro que le permita vivir su pleno potencial. Obteniendo excelentes resultados, con sus nuevas piernas le han permitido ejecutar acciones como un perro normal, jugar con otros perros y en general ser más móvil, permitiéndole vivir su pleno potencial como una mascota energética y saludable (Milenio, 2014, p, 1).

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **6.1. Conclusiones**

En el estudio realizado con respecto al diseño de una guía para un prototipo de prótesis 3D, diseñada a partir de plástico PLA, aplicada en la extremidad amputada del paciente, se ha obtenido una notable adaptabilidad, y movilidad de la extremidad, determinando que esto incide en la mejora de la calidad de vida del paciente.

Se obtuvo un buen nivel de adaptación, en el tiempo que duro esta investigación, poniendo en consideración que en pacientes de carácter dócil mejoraría significativamente la adaptabilidad al prototipo de una prótesis adaptada en alguno de sus miembros amputados.

Uno de los datos a tomar en cuenta es el temperamento del paciente y la edad para obtener mejores resultados, se debería tener en cuenta este dato para evitar algún daño o agresión física hacia la prótesis, esperando un tiempo de adaptabilidad en el paciente.

El tiempo que duró el estudio físico del paciente hasta el diseño del prototipo fue de dos semanas lo que nos indica que es posible realizar este

trabajo en varios pacientes traumatizados o amputados, utilizando la tecnología de la mano con la medicina para así mejorar su calidad de vida.

Se tomó como material de trabajo el plástico PLA por ser un material accesible y de fácil utilización y gran resistencia.

Específicamente en mi trabajo realizado se manifestó que el paciente al comienzo tuvo una ligera adaptación hacia el prototipo, pero con el paso de los días, éste se mostró con un temperamento fuerte, lo que dificultó proseguir con la valoración del prototipo, manifiesto esto como referencia para futuros trabajos, para tener en cuenta el carácter y la colaboración del paciente para la implantación de la prótesis, la ventaja de este prototipo es su alta resistencia y adaptabilidad, teniendo esta referencia, manifiesto que se pudo valorar el implante como una alternativa muy convincente para cualquier tipo de amputaciones en mascotas.

Además como una de las mejoras en la calidad de vida del animal, y como ley de bienestar animal, es importante tratar de brindar una mejor calidad de vida al paciente, y como profesionales, nuestro deber es hacer todo lo posible para que la recuperación del paciente amputado sea exitosa.

Permitiéndole ser independiente y gozar de una libertad compartiendo, juegos salidas con otros de su especie.

## **6.2. Recomendaciones**

Valorar el estado clínico y etológico del paciente amputado, evitando rechazo hacia la prótesis, procediendo primero a la sensibilización del paciente y su aceptación hacia el tratamiento, con paciencia y vigilancia, redireccionando el comportamiento de agresión o hiperactividad, con tratamientos previos de conducta animal asistida, valorando las cualidades que permitan un implante seguro y confiable.

Analizar todas las posibles variables para en el futuro para poder hacer un trabajo similar, dentro de las cuales siempre tiene que haber un orden de importancia, ubicando en primer lugar el temperamento, seguido de la edad y de la actividad física y al final la colaboración del dueño para su futuro éxito.

## BIBLIOGRAFIA

Abad, J. M., García de Lucas, F., Delgadp, P. J., y Fuentes, A. (2007). *Clasificación de las fracturas de la extremidad distal del radio dentro del medio laboral. Patología del aparato locomotor*, 5(Supl II), 17-21.

Aguinaga, H. (2015). *Artrologia Guía - Documents*. [online] Myslide.es. Available at: <http://myslide.es/documents/artrologia-guia.html> [Accessed 1 Feb. 2017].

Álvarez, J., et al. (1999). Amputaciones en el pie diabético. *Marinel. lo J, Blanes Mompó JI, Escudero Rodríguez JR, Ibáñez Esquemre V, Rodríguez Olay J. Tratado de Pie diabético. Barcelona: Ed Esteve-Pensa, 15.*

Arias, L., Ramirez, G. and Santoscoy, C. (2011). *FIJACION EXTERNA ESQUELETICA*. [online] NORVET. Available at: <http://www.norvet.com.mx/congreso2011/Fijacion%2520Externa%2520Esquletica.pdf> [Accessed 1 Feb. 2017].

Armando, C. R. (2015). *Impresoras 3D y la medicina*. In *Convención Salud 2015*. Available at

:<http://www.ingenieria.unam.mx/~guiaindustrial/disenoinfo/6/1.htm>  
[Accessed 26 Jan. 2017].

Correa, M., González, A., Olaya, M. and Pérez, M. (2017). *MIEMBRO POSTERIOR O PELVIANO*. [online] Osteología Veterinaria Interactiva. Available at: <http://osteologiaudea.esy.es/posterior.html> [Accessed 19 Jan. 2017].

Cuellar Armando, (2015) *Impresoras 3D y la medicina*

Damián, J. P., Ruiz, P., Belino, M., y Rijo, R. (2011). *Etología clínica y agresividad canina en Montevideo: implicancia de las razas y el sexo. Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento (RACC), 3(2), 19-2*

Doogweb-JFC, E. (2017). *El movimiento en el perro (vídeos)* - [www.doogweb.es](http://www.doogweb.es). [online] [www.doogweb.es](http://www.doogweb.es). Available at: <http://www.doogweb.es/el-movimiento-en-el-perro-videos/> [Accessed 19 Jan. 2017].

Durante, E. J., y Brusa, M. C. (1998). *Algunos aspectos de la displasia del codo de los caninos. Analecta Veterinaria, 18.*

Esquivel, L. (2014). *IMPRESIÓN Nante 3D*.

Fariña, J. y Smith, F. 2011. *Anatomía Canina. Federación Cinológica Argentina. Consejo de Jueces. Capítulo 2. Magazine Canino*. 13 – 35 Disponible en: <http://www.magazinecanino.com/sgc/fotos/Anatom%C3%ADa%20Canina.pdf>

Fernández, J. (2004). *Amputación de miembros torácico y pelviano en perro*. [online] Universidad D Cordoba. Available at: [http://www.uco.es/organiza/departamentos/anatomia-y-anat-patologica/peques/curso01\\_05/amputacion.pdf](http://www.uco.es/organiza/departamentos/anatomia-y-anat-patologica/peques/curso01_05/amputacion.pdf) [Accessed 19 Jan. 2017].

Galindo, J. D., y Vélez, C. (2012). *IN-MOTION: Sistema de ayudas técnicas para la rehabilitación de lesiones de ligamento suspensor en equinos*.

García Villegas, C., y Vidarte Pastrana, M. M. (2011) *INFORME 1. ESTADO DEL ARTE DE LA BIOIMPRESIÓN 3D*.

García, Ricardo., Quintero. César, A.r, Pulido. Cristian, (2014) *Reparación de Fractura Cubito-Radial en Canino*



Gelvez, L. (2017). *El miembro posterior o trasero de los animales* . [online] Mundo-pecuario.com. Available at: [http://mundo-pecuario.com/tema213/miembro\\_posterior\\_animales/](http://mundo-pecuario.com/tema213/miembro_posterior_animales/)

Gelvez, L. (2017). *El miembro anterior - delantero - mano de los animales* . [online] Mundo-pecuario.com. Available at: [http://mundo-pecuario.com/tema212/miembro\\_anterior\\_animales/](http://mundo-pecuario.com/tema212/miembro_anterior_animales/)

Getty, R. and Sisson, S. (2002). *Anatomía de los animales domésticos*. [online] Google Books. Available at: [https://books.google.com.ec/books?id=DiOfx1bOfdUCyprintsec=frontcoverydq=libro+anatomia+del+perroyhl=es-419ysa=Xyved=0ahUKEwi2\\_-bQmu7RAhVr0oMKHfIFDBYQ6AEISzAH#v=onepageyqyf=false](https://books.google.com.ec/books?id=DiOfx1bOfdUCyprintsec=frontcoverydq=libro+anatomia+del+perroyhl=es-419ysa=Xyved=0ahUKEwi2_-bQmu7RAhVr0oMKHfIFDBYQ6AEISzAH#v=onepageyqyf=false) [Accessed 1 Feb. 2017].

Ghezzi, M., Islas, S., Castro, A., Dominguez, T. and Carrica, M. (2011). *Anatomía comparada de la region del antebrazo y de la mano*. [online] Vet. Unicen. Available at: [http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Anatomial/images/Documentos/2015/MIEMBRO%20TORACICO%20PDF/ARTICULACIONES%20ANTEBRAZO%20\(CLASE\).pdf](http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/Anatomial/images/Documentos/2015/MIEMBRO%20TORACICO%20PDF/ARTICULACIONES%20ANTEBRAZO%20(CLASE).pdf) [Accessed 1 Feb. 2017].

Gongora, L., Rosales, C., Gonzalez, I. and Pujals, N. (2003). *Articulacion de la rodilla y su mecanica articular*. [online] Bvs.sld.cu. Available at: [http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7\\_2\\_03/san13203.htm](http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm) [Accessed 1 Feb. 2017].

Grossman, J. D., y Sisson, S. (1972). *Anatomía de los animales domésticos*. Salvat.

Gutierrez, J. (2012). *La Agresividad. Diagnóstico y Tratamiento | Adiestrador canino*. [online] Adiestradorcanino.com. Available at: <http://www.adiestradorcanino.com/webdelperro/la-agresividad-diagnostico-y-tratamiento/69> [Accessed 1 Feb. 2017].

Gutiérrez, L. (2012). *Clasificación de las Fracturas*. [online] Revista Electrónica de Veterinaria. Available at: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121212C/121202C.pdf> [Accessed 5 Dec. 2016].

Hechenleitner, C. A. W. (2009). *Evaluación de la osteotomía radial niveladora del plato tibial a través de la estimación del ángulo del plato tibial y de la fuerza de empuje tibial craneal en perros adultos*.

Heredia, F. (2013). *5 pasos para hacer un Manual de Procedimientos – Pymempresario*. [online] Pymempresario.com. Available at: <http://www.pymempresario.com/2013/07/5-pasos-para-hacer-un-manual-de-procedimientos/> [Accessed 2 Feb. 2017].

Izquierdo, M. (2008). *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. [online] Google Books. Available at: [https://books.google.com.ec/books?id=F4I9092Up4wCydq=dise%C3%B1o+biomecanica+de+animalesysource=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.ec/books?id=F4I9092Up4wCydq=dise%C3%B1o+biomecanica+de+animalesysource=gbs_navlinks_s) [Accessed 26 Jan. 2017].

König, H. and Liebich, H. (2005). *Anatomía de los animales domésticos*. [online] Google Books. Available at: [https://books.google.com.ec/books?id=nB2oeBF4HMUCypg=PA191ylpg=PA191ydq=carpo+y+metacarpo+perroysource=blyots=ABtIrrqaax8ysig=0ICDFpp9pvzZNIvqVQ5HMP9MNqUyhl=es-419ysa=Xyved=0ahUKEwi68P\\_f--3RAhWLOSYPKHaE2Byg4ChDoAQgXMAA#v=onepageyq=carpo%20y%20metacarpo%20perroyf=false](https://books.google.com.ec/books?id=nB2oeBF4HMUCypg=PA191ylpg=PA191ydq=carpo+y+metacarpo+perroysource=blyots=ABtIrrqaax8ysig=0ICDFpp9pvzZNIvqVQ5HMP9MNqUyhl=es-419ysa=Xyved=0ahUKEwi68P_f--3RAhWLOSYPKHaE2Byg4ChDoAQgXMAA#v=onepageyq=carpo%20y%20metacarpo%20perroyf=false) [Accessed 1 Feb. 2017].

L.C (2009) . “¿Sabe Usted Cómo Caminan Los Perros?” Argos Portal Veterinaria. Accessed January 26, 2017. <http://argos.portalveterinaria.com/noticia/620/actualidad/sabe-usted-como-caminan-los-perros.html>.

Lopategui, E. (2001). *ARTICULACIONES Y MOVIMIENTOS*: - © 2000  
*Edgar Lopategui*. [online] Saludmed.com. Available at:  
<http://www.saludmed.com/CsEjerci/Cinesiol/Articula.html>  
[Accessed 1 Feb. 2017].

Luzio Quiroga, Á., Campos Oyarce, P., Troncoso Toro, I., Fischer  
Wiethuchter, C., y Gili Graf, R. (2014). *Evaluación clínica y  
radiológica de la articulación húmero-radio-ulnar en perros de  
trabajo policial en la ciudad de Concepción, Chile*. *Revista de  
Medicina Veterinaria*, (27), 121-131.

Milenio. (2014). Patas 3D-impreso permiten a un perro cojo a correr!.  
[online] Available at:  
[https://millenio.wordpress.com/2014/12/18/patas-3d-impreso-  
permiten-a-un-perro-cojo-a-correr/](https://millenio.wordpress.com/2014/12/18/patas-3d-impreso-permiten-a-un-perro-cojo-a-correr/) [Accessed 3 Feb. 2017].

Moyes, Christopher D.; Schulte, Patricia M. (2007) *Principios de fisiología  
animal*, p 574-576

Nebot, S. (2015). *DESARROLLO DE PIEZAS DE POLIAMIDA MEDIANTE  
IMPRESIÓN 3D*. [online] Riunet.upv.es. Available at:  
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70020/20849633H\\_T  
FG\\_14675571334668648722749303875784.pdf?sequence=2&isA  
llowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70020/20849633H_TFG_14675571334668648722749303875784.pdf?sequence=2&isAllowed=y) [Accessed 2 Feb. 2017].

Olías de Lima Pancorbo, I. (2012). *Vía Clínica de Fracturas en las Extremidades en Urgencias y Emergencias. REDUCA (Enfermería, Fisioterapia y Podología)*, 4(1).

Osorio, L. (2012). *Módulo de Amputados. Disponible en URL: <http://www.elportaldelasalud.com/index.php>.*

PAE. (2009). *Legislación Vigente - PAE*. [online] Available at: <http://www.pae.ec/derecho-animal/legislacion-vigente/> [Accessed 1 Feb. 2017].

Palma, J. (2003). *Creación de un manual de procedimientos*. [online] GestioPolis - Conocimiento en Negocios. Available at: <http://www.gestiopolis.com/creacion-de-un-manual-de-procedimientos/> [Accessed 2 Feb. 2017].

Palou, N. (2015). *Tinkercad es una aplicación web gratuita para aprender a diseñar y modelar en 3D*. [online] Microsiervos. Available at: <http://www.microsiervos.com/archivo/impresoras-3d/tinkercad-aplicacion-online-gratuita-aprender-disenar-modelar-3d.html> [Accessed 2 Feb. 2017].

Polo, Juan Diego. ( 2015). *“El Proceso de Impresión 3D.”* WWWWhat's New? - Aplicaciones, Marketing Y Noticias En La Web. Accessed

December 17, 2016. <http://www.whatsnew.com/2015/02/18/el-proceso-de-impression-3d/>.

Quiroga, J. (1866). *Anatomía descriptiva de los principales animales domésticos*. [online] Google Books. Available at: <https://books.google.com.ec/books?id=TZyyabbJcegCypg=PA441yIpg=PA441yDq=anatomia+de+las+extremidades+delanteras+de+los+animales&source=blyots=2mWDANz4-nysig=UM8mBvFXviZOVHWilZEDSeq9xelyhl=es-419ysa=Xyved=0ahUKEwjByriP5-3RAhWBMGMKHZRACv84ChDoAQg1MAU#v=onepage&q=anatomia%20de%20las%20extremidades%20delanteras%20de%20los%20animales&f=false> [Accessed 1 Feb. 2017].

Rodríguez, Y, Gámez Arregoitía, R, Gómez, I, Requeiro Morejón, J (2014). *Fijación externa de las fracturas inestables del extremo distal del radio. Presentación de un caso*, Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2014000600011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2014000600011)

Rojas Paredes, J. A. (2015). *Diseño de Ortopedia de Rehabilitación y Adaptación para Caninos*.

Rubio, A. (2011). *“Diseño De Órtesis Económica Para Perros Con Displasia De Cadera, Con Tecnología Disponible En El Contexto Guatemalteco”*. [online] Red De Bibliotecas Landivarianas. Available at: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/03/04/Rubio-Ana.pdf> [Accessed 15 Dec. 2016].

Sanchez, Susana. *“Descubriendo Los Plásticos de La Impresión 3D.”* 3Dnatives, July 22, 2015. <http://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/>.

Serna, L., y Albán, F. (2011). *Ácido poliláctico (PLA): Propiedades y aplicaciones. Revista Ingeniería y Competitividad*, 5(1), 16-26.

Vorvick, L. (2015) *Prótesis: MedlinePlus enciclopedia médica*”. Consultado el 11 de diciembre de 2016. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002286.html>

Wheeler, J. T., Adagio, L., D Amico, G., Hierro, J., Hagge, M., Lattanzi, D., ... y Sanfilippo, S. (2002). *Fracturas de los Huesos Largos en Caninos Inmaduros. Ciencia Veterinaria*, 57-67.

# ANEXOS



### **Anexo 1. Paciente con amputación**



### **Anexo 2. Revisión Médica**



### Anexo 3. Miembro amputado



### Anexo 4. Diseño de miembro



**Anexo 5. Miembro impreso en 3D**



**Anexo 6. Paciente con Miembro impreso en 3D**



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Larrea Zapatier Michel Alfonso**, con C.C: # **0926122888** autor del trabajo de titulación: **Diseño de una guía para la evaluación de un prototipo de prótesis en 3D para caninos (*Canis lupus familiaris*)** previo a la obtención del título de **Médico Veterinario y Zootecnista** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **2 de marzo de 2017**

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Larrea Zapatier Michel Alfonso**

C.C: **0926122888**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Diseño de una guía para la evaluación de un prototipo de prótesis en 3D para caninos ( <i>Canis lupus familiaris</i> )		
<b>AUTOR(ES)</b>	Michel Alfonso Larrea Zapatier		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Carlos Giovanni Manzo Fernández		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad Técnica Para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Medicina Veterinaria Y Zootecnia		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Médico Veterinario y Zootecnista		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	DE 2 de marzo de 2017	<b>No. PÁGINAS:</b>	DE 87
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Salud Animal, Tecnología		
<b>PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:</b>	Prótesis, ABS, PLA, Amputación , Fracturas, Articulación		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>			
<p>Dentro del trabajo de investigación que se llevó a cabo en la ciudad de Guayaquil, en la parte del recreo 5, se diseñó el modelo de prototipo de prótesis para un perro, cuya molestia era la amputación del miembro posterior derecho a causa de un accidente. Antes de realizar el diseño como tal, se procedió a realizar un examen general clínico para ver el estado físico del paciente. Se midieron las variantes como peso, edad, estatura. Posterior al examen clínico se realizó un escaneo de la porción afectada para poder digitalizarla después del cual se inició la impresión de la misma, una vez el prototipo fue impreso y ensamblado empezaron las pruebas que revelaron variables importantes tales como, tamaño óptimo del prototipo, temperamento, estado físico del paciente, adaptación a la misma. Una vez con los resultados obtenidos, se diseñó un manual que sirva al momento de crear otro prototipo con las mejoras implementadas.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-4- (registrar teléfonos)	<b>E-mail:</b> michel.larrea91@hotmail.es	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: (Apellidos, Nombres completos)</b>		
	<b>Teléfono: +593-4-(registrar teléfonos)</b>		
	<b>E-mail: (registrar los emails)</b>		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			