



DISEÑO DE PRÓTESIS ARTICULADA REMOVIBLE PARA CANINOS CON AMPUTACIÓN ALTA DE MIEMBRO POSTERIOR

DANIELA CHICA RAMÍREZ

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
DISEÑO INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2018**



**DISEÑO DE PRÓTESIS ARTICULADA REMOVIBLE PARA
CANINOS CON AMPUTACIÓN ALTA DE MIEMBRO
POSTERIOR**

DANIELA CHICA RAMÍREZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
DISEÑADORA INDUSTRIAL**

**DIRECTOR:
CRISTIAN DAVID CHAMORRO RODRÍGUEZ Ph.D
Profesor Asociado
Departamento de Diseño**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
DISEÑO INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2018**



Facultad de Artes Integradas
Programa Académico de Diseño Industrial

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
PROGRAMA ACADÉMICO DE DISEÑO INDUSTRIAL**

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE GRADO

La estudiante DANIELA CHICA RAMÍREZ identificado con Cédula de ciudadanía número 1.144.082.861 de Cali y código 201329732, presentó y aprobó su trabajo de grado titulado "*Diseño de prótesis articulada removible para caninos con amputación alta de miembro posterior*", el cual fue aprobado por el siguiente jurado evaluador:

Jurado Diseñador:	Javier Mauricio Reyes Vera
Jurado Asesor:	Nathalia Muñoz Ballesteros
Jurado Experto:	Henry De Jesús Palacio

Para constancia de la anterior, se firma en la ciudad de Santiago de Cali, el 13 de Marzo de 2018, según 001 del Comité del Programa.

CRISTIAN DAVID CHAMORRO RODRÍGUEZ
Director del Proyecto

PABLO ANDRÉS JARAMILLO ROMERO
Vo. Bo. Director del Programa Académico

CARLOS ANDRÉS ORTEGA GARCÍA
Vo. Bo. Jefe Departamento de Diseño

Dedicatoria

A mis padres, porque cada logro alcanzado es el fruto de la formación que me han dado, la dedicación que han tenido como padres y el apoyo que siempre me han brindado.

A mi hermana, por su apoyo constante.

Agradecimientos

Quiero agradecer de manera especial al profesor Cristian Chamorro por su buena dirección y acompañamiento que fue fundamental para el desarrollo del proyecto.

Al veterinarios Henry de J. Palacio Cano por su tiempo, disposición y conocimientos aportados que fueron de gran importancia en el trabajo de campo.

A todas las personas que mostraron interés en el proyecto y contribuyeron de una manera u otra a que se pudiera realizar de la mejor manera.

1. Resumen

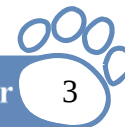
Este proyecto tiene como propósito el diseño de ayudas técnicas que le permitan al canino con amputación de miembro posterior movilizarse de manera eficiente y de esta manera aumentar su bienestar. Tras realizar una investigación en torno al canino apoyada en el conocimiento de veterinarios, la caracterización de las condiciones de movilidad del canino con amputación relacionadas con su salud física, el análisis de resultados obtenidos en un proceso de observación e investigación y los conocimientos adquiridos de diseño industrial se desarrolló una prótesis removible articulada que cubre las necesidades que se plantearon como requerimientos de diseño de la prótesis: funcionalidad, ergonomía, economía y adaptabilidad, la última necesidad permite adaptar la propuesta a cada canino a partir de un diseño parametrizado en el que se introducen las medidas anatómicas del paciente. El método de fabricación propuesto fue el de impresión 3d, obteniendo así un resultado que, además de satisfacer el objetivo principal del proyecto, resulta accesible en términos de producción y diseño y fortalece el mercado nacional de ayudas técnicas para caninos en condición de discapacidad.

PALABRAS CLAVE: Discapacidad canina, bienestar animal, movilidad eficiente, prótesis articulada.

2. Abstract

The purpose of this project is to design assistive devices that allow canine with amputation of a hind leg to move efficiently and thus increase their well-being. After had carried research on the canine based on the knowledge of veterinarians, the characterization of the conditions of mobility of the canine with amputation related to their physical health, the analysis of results obtained in a process of observation and research and the acquired knowledge of design industrial was developed an articulated removable prosthesis which covers the needs which were raised as design requirements of the prosthesis: functionality, ergonomics, economy and adaptability, the last need allows adapting the proposal to each canine from a parameterized design in which the anatomical measurements of the patient are introduced. The proposed of manufacturing method was 3d printing, obtaining a obtaining a result that satisfies the main objective of the project and is accessible in terms of production and design, it besides strengthens the national market of assistive devices for disabled dogs.

Keywords: Canine disability, animal welfare, efficient mobility, articulated prosthesis.



Contenido

1.	Resumen	1
2.	Abstract	2
3.	Lista de tablas	6
4.	Lista de figuras	7
5.	Lista de anexos.....	9
6.	Introducción.....	10
7.	Marco referencial	12
7.1.	El perro como animal de compañía en el contexto urbano.....	12
7.2.	El rol del canino en los hogares urbanos colombianos.....	13
7.3.	Derechos de los caninos en Colombia.....	15
8.	Marco conceptual	17
8.1.	Calidad de vida del dueño y del canino	17
8.1.1.	Bienestar animal.....	19
8.1.2.	Evaluación de bienestar animal.....	21
8.2.	Discapacidad canina	23
8.3.	Pérdida de extremidad en caninos	24
8.4.	Necesidad de movilidad.....	27
9.	Marco teórico.....	30
9.1.	Anatomía del canino	30
9.2.	Articulaciones.....	33
9.3.	Biomecánica del perro	37
9.3.1.	Evaluación de movimiento.....	37
9.3.2.	Centro de gravedad.....	41
10.	Estado del arte y de la técnica	42
10.1.	Estado del arte	42



10.2.	Ayudas técnicas para caninos.....	49
11.	Planteamiento del problema.....	65
12.	Problemática	68
13.	Justificación	69
14.	Objetivos	71
	Objetivo general	71
	Objetivos específicos.....	71
15.	Metodología.....	72
16.	Trabajo de campo.....	74
16.1.	Evaluación de movimiento en canino amputado	74
16.1.1.	Evaluación estática	74
16.1.2.	Evaluación dinámica.....	76
16.2.	Entrevistas.....	78
16.3.	Requerimientos de diseño	82
16.4.	Propuesta de diseño.....	88
16.4.1.	Proceso de bocetación	88
16.4.2.	Evaluación de propuestas	91
16.4.3.	Propuesta de diseño de prótesis escogida	94
16.4.4.	Procesos de fabricación y materiales.....	100
16.4.5.	Elaboración de prototipos	104
16.4.6.	Propuesta final de diseño	110
16.5.	Propuesta aplicada al caso de estudio	114
17.	Conclusiones	124
18.	Bibliografía	126
19.	Anexos	131

Anexo 1. Videos de evaluación de movimiento de Luna 131

Anexo. 2. Ejes temáticos tratados en las entrevistas a los veterinarios 131

Anexo 3. Planos de la propuesta de diseño 132

3. Lista de tablas

Tabla 1. Indicadores de bienestar animal 22

Tabla 2. Análisis del estado del arte..... 43

Tabla 3. Tabla comparativa de conceptos 46

Tabla 4. Análisis de algunos casos del estado de la técnica..... 53

Tabla 5. PDS 82

Tabla 6. Valoración de requerimientos 92

Tabla 7. Matriz Fishbein 93

Tabla 8. Tabla de costos de materiales y procesos de fabricación..... 114

Tabla 9. Datos de variables independientes 116

Tabla 10. Medidas para el soporte de la prótesis 117

4. Lista de figuras

Figura 1. Anatomía del hueso	26
Figura 2. Vistas anatomía esqueleto miembro posterior	30
Figura 3. Coxal	31
Figura 4. Fémur	32
Figura 5. Tibia y peroné	32
Figura 6. Planigrafía veterinaria	34
Figura 7. Articulaciones del miembro torácico	34
Figura 8. Rango de movilidad de la cadera	35
Figura 9. Rango de movilidad de la rodilla	36
Figura 10. Angulaciones del miembro anterior y posterior	38
Figura 11. Triangulación en el desplazamiento	39
Figura 12. Movimiento de los huesos durante el desplazamiento	40
Figura 13. Centro de gravedad del perro	41
Figura 14. Uso de silla de ruedas en casos de amputación de los dos miembros anteriores (Gordo, izquierda) y los dos miembros posteriores (Desconocido, derecha)	51
Figura 15. Prótesis para miembro anterior (izquierda) y prótesis para miembro posterior (derecha)	52
<i>Figura 16. Postura adoptada por el canino en condición estática</i>	<i>75</i>
<i>Figura 17. Posicionamiento de miembro trasero en condición estática</i>	<i>75</i>
Figura 18. Postura de trípode adoptada por el canino en estática	76
Figura 19. Vista superior de postura adoptada por el canino durante la marcha	76
Figura 20. Posicionamiento durante la marcha desde vista lateral	77
Figura 21. Biomecánica del canino durante la marcha	78
Figura 22. Recorrido de la extremidad posterior durante el movimiento	88
Figura 23. Angulaciones en posición estática	89
Figura 24. Bocetos 1 (izquierda) y 2 (derecha)	90
Figura 25. Bocetos 3 (izquierda), 4 (arriba-derecha) y 5 (abajo-derecha)	91
Figura 26. Boceto 6	94
Figura 27. Soporte de prótesis y arnés	95
Figura 28. Propuesta de prótesis escogida	96



Figura 29. Tipos de resortes de torsión 98

Figura 30. Análisis de movimiento de la prótesis comparado con el análisis de movimiento durante la marcha realizado. 99

Figura 31. Variables independientes de parametrización 100

Figura 32. Ficha técnica PLA 1,75mm 101

Figura 33. Propiedades del PLA 870 comparadas con PLA y ABS (Resistencia al calor y fuerza de impacto)..... 102

Figura 34. Ficha técnica TPU..... 103

Figura 35. Soporte de cadera..... 104

Figura 36. Prototipo 1 105

Figura 37. Prototipo 2 106

Figura 38. Mecanismo para graduar el ángulo de la articulación 107

Figura 39. Prototipo 3 107

Figura 40. Prototipo 4 108

Figura 41. Secuencia de movimiento del prototipo 4 109

Figura 42. Componentes de la prótesis 110

Figura 43. Detalles de la prótesis 111

Figura 44. Modo de uso de la prótesis 112

Figura 45. Piezas que componen la prótesis 113

Figura 46 Medidas tomadas a partir de las radiografías de Luna. 115

Figura 47. Variables independientes introducidas en el programa SolidWorks 118

Figura 48. Molde para soporte de prótesis 118

Figura 49. Piezas impresas de la prótesis..... 119

Figura 50. Ubicación de los resortes de torsión en la prótesis 120

Figura 51. Mecanismos de ensamble de las piezas que componen la prótesis 121

Figura 52. Prótesis con todas las piezas ensambladas..... 121

Figura 53. Secuencia de uso: Fijación de la prótesis, soporte de la prótesis y arnés 122

Figura 54. Prueba de uso durante la marcha 123

5. Lista de anexos

Anexo 1. Videos de evaluación de movimiento de Luna 131

Anexo. 2. Ejes temáticos tratados en las entrevistas a los veterinarios 131

Anexo 3. Planos de la propuesta de diseño 132

6. Introducción

En Colombia la demanda de servicios relacionados con el bienestar de las mascotas ha crecido en los últimos años, esto se debe a que la presencia de mascotas en el núcleo familiar de los colombianos ha ido aumentando y a que los animales ya no son vistos como objetos sino como seres con derechos; en lo que al contexto urbano se refiere, Andrés Vargas, jefe del proyecto ExpoPet Colombia 2016 citado por Arango (2016), asegura que las mascotas dejaron de ser animales de compañía para convertirse en miembros de la familia que, hasta el 2015, según Fenalco, estaban presentes en la tercera parte de los hogares colombianos, siendo el 69% de dichas mascotas perros (Ávila, 2016). El actual rol de las mascotas en las familias colombianas del contexto urbano y especialmente el de los perros, hace que querer dar una mejor calidad de vida a los caninos sea una preocupación latente que encuentra barreras en la falta de desarrollo de campos de la salud como el de la discapacidad canina.

Debido al rol que ocupan los caninos en los hogares de los colombianos que se encuentran en un contexto urbano, la preocupación porque las mascotas tengan bienestar influye también en la calidad de vida de sus respectivos dueños. La calidad de vida de los caninos se mide desde los indicadores de bienestar animal que presente el canino; cuando el canino se encuentra en condición de discapacidad, su bienestar se ve vulnerado desde diferentes aspectos, en este proyecto se estudió la afectación en el bienestar animal que puede sufrir un canino con amputación de extremidad y la manera de incrementar dicho bienestar a través de una propuesta de diseño industrial.

La pérdida de extremidad en un canino afecta principalmente su necesidad de movilidad, tras la investigación realizada y las entrevistas hechas en el trabajo de campo a veterinarios, se concluyó que los perros que no poseen alguna de sus extremidades se adaptan con facilidad a movilizarse de esta manera, pero hacerlo conlleva a afectaciones en su salud física y como consecuencia de estas afectaciones, se verá afectada también su salud psicológica, el bienestar de los caninos que se encuentran en esta condición se ve reflejado no sólo en el poder movilizarse de manera autónoma de un lugar a otro, sino hacerlo de una manera que no ponga en riesgo su salud. En el caso de los perros que sufren una amputación de extremidad, importar ayudas técnicas resulta costoso y riesgoso para el paciente, por lo que se opta por no adaptarle nada al canino o recurrir a la eutanasia en algunos casos. Se encontró entonces la necesidad de

mejorar las condiciones de bienestar de estos caninos permitiéndoles movilizarse de una manera eficiente y se concluyó que la mejor alternativa para hacerlo era a través del diseño de prótesis que contemplaran todos los factores necesarios para alcanzar dicha movilidad.

Para generar desarrollos a través del diseño industrial que favorezcan el desplazamiento eficiente, debieron identificarse las estructuras anatómicas y articulares de los miembros, la biomecánica del canino, los riesgos a la salud que representa para los caninos movilizarse en esta condición y detectar las necesidades que la prótesis debía satisfacer para cumplir con el objetivo. Se estableció trabajar con caninos mayores de 1 año dado que ya han culminado su etapa de crecimiento y requieren de un prótesis definitiva, después de la investigación realizada se planteó trabajar con amputación de miembro posterior porque su función biomecánica es más relevante para alcanzar la movilidad eficiente y se tomó un caso de estudio para realizar el proceso de prototipado y comprobación.

El resultado del proyecto es una propuesta de prótesis que contempla las necesidades funcionales y ergonómicas que se requieren para que el canino se movilice de manera eficiente; económicas frente a las alternativas existentes actualmente y de adaptabilidad para que el diseño pueda ser adaptado y posteriormente usado por pacientes de cualquier raza. Por medio del proyecto se busca también fortalecer el desarrollo nacional de prótesis para caninos por lo que el resultado debe poder fabricarse con las tecnologías y materiales disponibles en nuestro contexto.

7. Marco referencial

7.1. El perro como animal de compañía en el contexto urbano

La domesticación animal es un proceso que se viene dando desde hace muchos años atrás y según Pianka (citado por Valadez, 2003, p.19) la domesticación es una interacción entre el hombre y otra especie; dicha interacción puede ser de simbiosis, depredación, parasitismo, comensalismo, amensalismo, de competencia o neutralismo.

“Denominamos doméstico al animal que, además de cubrir su ciclo de vida en condiciones artificiales, proporciona algún beneficio al ser humano” (Valadez, 2003, p.18) en el caso del perro es una relación simbiótica ya que ambas partes obtienen beneficios de ésta. Los beneficios que proporciona el canino al humano han cambiado a través de los años conforme las necesidades de los humanos se han transformado, los perros han pasado de suplir, en su mayoría, necesidades de caza y pastoreo a abarcar otras necesidades como las sociales (Romero, 2016, p.6); la transformación de la interacción humano - canino ha dado lugar a nuevos términos como el de mascota o animal de compañía, que se define como “aquel que se encuentra bajo control humano, vinculado a un hogar, compartiendo intimidad y proximidad con sus cuidadores, y recibiendo un trato especial de cariño, cuidados y atención que garantizan su estado de salud” (Díaz, 2015, p.85), lo que diferencia a una mascota de otro económicamente útil de granja es el grado de contacto entre los animales y los seres humanos (Encyclopaedia britannica, n.d.).

Es así como los perros son considerados animales de compañía para el hombre, sin embargo, existe una distinción en la relación humano – canino cuando el contexto varía entre rural y urbano. Gerzovich (1998) afirma que, por lo general, los perros que viven en las zonas rurales no tienen permitido ingresar en la casa de sus dueños y que esto posiblemente responda a dos razones: la primera es que para estos propietarios los animales en general no son considerados parte de la familia, sino sólo colaboradores o compañeros de tareas y la segunda es la necesidad del hombre de campo de compartir sólo con su familia sus pocas horas de descanso después de soportar condiciones arduas de trabajo, ya que el perro no participa de este tipo de situaciones, debe buscar compañía de sus congéneres, por lo general en las zonas rurales habitan dos o más caninos en un mismo hogar. En el caso de los caninos que se encuentran en el contexto urbano pasaron a convivir en forma más estrecha con sus propietarios; después de la Segunda

Guerra Mundial, las familias comenzaron a ser menos numerosas y, en los países desarrollados, los perros empezaron a recibir mayor atención ya que muchas veces llenaban importantes vacíos, esto motivó en las personas una necesidad de mayor afecto y esta situación se extendió a los países en vía de desarrollo. “En el ámbito doméstico los hallazgos muestran que los animales de compañía son aceptados no sólo como cercanos a las sociedades humanas, sino como miembros de ella a través de la unidad familiar -práctica cultural-” (Aguilar, 2017, p.9), siendo este el caso de los caninos en el contexto urbano.

7.2. El rol del canino en los hogares urbanos colombianos

La tenencia de mascotas y su importancia en los hogares colombianos está en aumento. Sable citado por Díaz (2015) afirma que:

“La química que enlaza a la gente con sus mascotas crea un apego emocional que ayuda a explicar por qué las mascotas significan tanto para tanta gente, y da legalidad al modo en que han llegado a ser consideradas como miembros de la familia” (p.86)

El rol de las mascotas cambia y evoluciona para adaptarse a los cambios de la familia y sus necesidades, se debe entender familia como un complejo de elementos interactuantes que puede estar conformado por una o más personas (Díaz Videla, 2015, p.85); Andrés Vargas, jefe del proyecto ExpoPet Colombia 2016, afirma que es un hecho que en Colombia las mascotas dejaron de ser animales de compañía para convertirse en miembros de las familias, “acompañado de un fenómeno social denominado ‘síndrome del nido vacío’, el cual está relacionado a las parejas jóvenes que no tienen hijos y llenan la necesidad de dar afecto y protección con un perro, un gato u otro animal doméstico”(Arango, 2016); otras razones que han sido determinantes en los últimos años para motivar a los colombianos a tener mascotas son el cariño que generan, la relación de “amistad”, la alta tasa de divorcios, el gusto por los animales, entre otros aspectos que generan la sensación de no estar sólo sino de tener un compañero al llegar a casa, un amigo para los niños en el hogar y un camarada de juego o ejercicio. (Ávila, 2016)

En Colombia no existe un censo que ayude a dimensionar el número de perros que se encuentran en la calle, en los refugios y en los hogares colombianos. La última encuesta realizada por Euromonitor en el 2013 estima que en Colombia hay 4.250.000 perros sin contar los que se encuentran en la calle; sin embargo Fenalco realizó un estudio en el 2015 del que se pudo estimar que la tercera parte de los hogares colombianos ha optado por incluir en sus núcleos familiares a una mascota, lo que indica que aproximadamente 1 de cada 3 familias poseen alguna, sea un perro, gato, aves o peces principalmente; siendo el favorito el perro, presente en el 69% de los hogares de dichas familias (Ávila, 2016).

Así mismo, los colombianos que tienen mascotas invierten cada vez más en la manutención, servicios de salud, entrenamiento y en general todo lo que garantice el bienestar de su mascota (Ávila, 2016); los gastos varían de mascota a mascota pero se estima que, en Bogotá, “Una persona puede estar gastando en promedio al mes \$300.000 en la comida, \$100.000 en el médico, \$300.000 en peluquería – spa y en productos \$150.000, asegura Andrés Vargas” (Arango, 2016)

El incremento de la tenencia de mascotas en el contexto urbano se ve reflejado en el incremento de negocios y espacios destinados a las mascotas. Rafael España, director económico de Fenalco, citado por Carrillo (2015) señala que este es un mercado que se está moviendo considerablemente en el país y no solo en las ventas de comida, sino también en ropa, juguetes, hoteles, restaurantes y hasta spas dedicados a los animales, esto sin dejar de un lado los establecimientos de servicios de salud tradicionales. De acuerdo con datos de la Cámara de Comercio, hasta el 2015 en Cali había registradas 272 veterinarias, una cifra importante si se compara con las 34 clínicas y hospitales, así como con 150 puestos de salud que prestan servicios a las personas registrados hasta ese año, según datos de “Cali en Cifras” citados por Carrillo (2015), vale la pena resaltar que cuando un negocio de mascotas se registra en la Cámara de Comercio queda codificado bajo servicios veterinarios, así no lo sea.

Un estudio realizado por Euromonitor Internacional en el marco de la feria ExpoPet Colombia 2016, comprobó que el crecimiento anual de esta industria en Colombia es de 13% y se destacan categorías como alimentos y cuidados para mascotas, dentro de esta industria los productos que cuentan con mayor participación son la comida para perro y gato, por ser las mascotas más presentes en los hogares urbanos colombianos y se comprobó también que el crecimiento es

sostenido en la venta de productos para mascotas y que se prevé continúe así, en incremento, hasta el 2021 (Arango, 2016).

7.3. Derechos de los caninos en Colombia

Los derechos de los animales en Colombia fueron reconocidos con un nuevo enfoque en el 2016 a través de la ley 1774, una ley con la que se modificó la ley 84 de 1989. Uno de los mayores logros alcanzados por medio de esta ley fue el reconocer a los animales como seres sintientes y no cosas, que recibirán especial protección contra el sufrimiento y el dolor, que deberá existir una protección animal que además garantice su bienestar, ítem dentro del que se asegura que como mínimo los animales no deben sufrir injustificadamente de malestar físico ni dolor. El ultimo principio presente en el artículo 3 que establece esta ley es el de solidaridad social en el que se menciona que “El Estado, la sociedad y sus miembros tienen la obligación de asistir y proteger a los animales con acciones diligentes ante situaciones que pongan en peligro su vida, su salud o su integridad física” (Congreso República de Colombia, 2016)

La ley 84 de 1989 (Congreso República de Colombia, 1989) plantea como objeto en el artículo 2:

- a) Prevenir y tratar el dolor y el sufrimiento de los animales.
- b) Promover la salud y el bienestar de los animales, asegurándoles higiene, sanidad y condiciones apropiadas de existencia.
- c) Erradicar y sancionar el maltrato y los actos de crueldad para con los animales.
- d) Desarrollar programas educativos a través de medios de comunicación del Estado y de los establecimientos de educación oficiales y privados, que promuevan el respeto y el cuidado de los animales
- e) Desarrollar medidas efectivas para la preservación de la fauna silvestre.

Y como propietario se debe, entre otras cosas, (artículo 5) “Suministrarle bebida, alimento en cantidad y calidad suficientes, así como medicinas y los cuidados necesarios para asegurar su salud, bienestar y para evitarle daño, enfermedad o muerte”

A partir de esta ley se entiende que es un deber para los propietarios prevenir los riesgos en la salud que, en este caso, puede generar el movilizarse de manera ineficiente a los caninos con amputación, previniendo también el dolor y el sufrimiento del animal causado por éstos.

La eutanasia es una alternativa a la que también se recurre cuando a un canino se le amputa una extremidad. En lo que al sacrificio animal se refiere, en el artículo 17 existen dos ítems que se relacionan con la amputación de extremidad. Se estipula que: El sacrificio de un animal no destinado al consumo humano sólo podrá realizarse mediante procedimientos no sancionados por esta ley y que no entrañen crueldad, sufrimiento o prolongación de la agonía. Únicamente se deberá realizar la eutanasia en razón de las siguientes circunstancias:

a) Para poner fin a intensos sufrimientos producidos por lesión o herida corporal grave o enfermedad grave e incurable cualquier otra causa física irreversible capaz de producir sufrimiento innecesario.

b) Por incapacidad o impedimento grave debido a pérdida anatómica o de función de un órgano o miembro o por deformidad grave y permanente.

Reducir la probabilidad de sufrimiento en un canino que presente amputación de extremidad o aumentar la función perdida por encontrarse en dicha condición hace de la eutanasia una alternativa poco atractiva para el dueño del canino si considera que su perro puede vivir en óptimas condiciones a pesar de su condición.

8. Marco conceptual

8.1. Calidad de vida del dueño y del canino

La preocupación por mejorar las condiciones del medio físico y social que componen el estado general de la vida humana dio como resultado la construcción del concepto de calidad de vida (Bertolini, 2014, p.7). Este concepto ha sido abordado desde diferentes perspectivas a través de los años sin llegar a una definición universal del mismo, sin embargo, se ha logrado referenciar como un concepto que comprende diferentes dimensiones dentro de la vida del ser humano.

Borthwick-Duffy citado por Torres y Sanhueza (2006, p.10) define la calidad de vida a partir de tres conceptualizaciones: a) la calidad de las condiciones de vida de una persona; b) como la satisfacción experimentada por la persona con dichas condiciones vitales; c) como la combinación de componentes objetivos y subjetivos, es decir, calidad de vida definida como la calidad de las condiciones de vida de una persona junto a la satisfacción que ésta experimenta. La calidad de vida de un individuo comprende entonces valores objetivos y subjetivos.

Entre las definiciones que contemplan valores subjetivos se encuentra la de la OMS, en la que se entiende calidad de vida como “la percepción del individuo, de su posición de vida en el contexto de la cultura y sistema de valores en los cuales vive, en relación con sus objetivos, expectativas, patrones y preocupaciones” (Whoqol Bref, 1996,p.5). Según esta definición la evaluación es subjetiva para cada persona ya que depende de cómo ésta perciba su entorno; el entorno además se ve afectado por factores culturales, ambientales, sociales, entre otros.

Por otro lado, los valores que pueden ser evaluados objetivamente son los ligados al nivel educacional, socioeconómico (Bertolini, 2014, p.7) y el más relevante para el desarrollo de este trabajo: la salud. Alrededor del concepto de calidad de vida relacionado con la salud existen también varias discusiones que concluyen en definiciones que se dan desde diferentes perspectivas dentro del campo, como concepto general la calidad de vida relacionada con la salud (CVRs) contempla que el ámbito de la salud debe ser valorado dentro del concepto de calidad de vida ya que el “bienestar de los pacientes es un punto importante de ser considerado tanto en su tratamiento como en el sustento de vida” y que el termino CVRS “es usado

indistintamente como estado de salud, estado funcional, calidad de vida o evaluación de necesidades” (Urzúa, 2010, p.358).

Cuando se le amputa una extremidad a un canino no sólo se ve afectada su calidad de vida, también se ve afectada la de su dueño. En el caso del ser humano, la calidad de vida en relación a la situación de la amputación de extremidad del canino, puede medirse tanto desde los factores subjetivos como de los objetivos, pero en el caso de los caninos, la evaluación subjetiva es imposible de realizar pues no se puede medir la percepción que éste tiene de su entorno. No obstante, los valores objetivos pueden ser evaluados para obtener una idea de la calidad de vida del canino en función a su estado de salud, estado funcional y bienestar. Los indicadores para medir la calidad de vida en el canino están dados por la salud física y la salud psicológica del mismo, es decir por el bienestar animal; en este caso para medir el impacto en la calidad de vida del canino amputado cuando se movilice de manera eficiente se abarcarán específicamente los valores relacionados con la salud física del canino, que como consecuencia tendrán repercusión en su salud psicológica.

En el caso del dueño, los valores subjetivos entran a ocupar un papel importante dentro de a lo que calidad de vida se refiere. Los mecanismos psicológicos que se establecen entre personas y animales de compañía y que emergen de la investigación de terapias con animales, derivan del establecimiento de un vínculo afectivo emocional dominante. Dicho vínculo favorecería por si solo el bienestar del ser humano (Bertolini , 2014, p.14) La existencia de este vínculo hace que el bienestar de los caninos influya directamente en el de sus dueños. La preocupación y el malestar psicológico que en general conlleva ver a su perro sufrir una amputación, su recuperación y factores como la restricción en las actividades que realizaban juntos, pueden llevar al dueño a percibir que el perro no está en buen estado de salud o funcional, que sufre por esto o siente algún tipo de dolor y que depende más de él para realizar algunas actividades. Todas estas percepciones influyen negativamente en la calidad de vida del dueño, cabe resaltar que cada persona afronta esta situación de manera diferente y puede que unas personas se vean más afectadas que otras.

Cesar Millán, una autoridad en lo que a psicología canina se refiere, afirma que “para tener una perra equilibrada y saludable, un humano ha de compartir el ejercicio, la disciplina y el

afecto, en ese orden” (Millán, 2007), debe aclararse que en su libro Millán se refiere con el término “perra” tanto al canino hembra como al macho.

Cada dueño busca realizar con su perro actividades que generalmente reflejan su estilo de vida, “la elección de una raza y de un perro en concreto viene determinada por una simpatía hacia una criatura que presenta ciertas afinidades” (Lorenz, 1976), algunos dan prioridad a la actividad física y otros al sólo hecho de sentirse acompañados. Lorenz (Lorenz, 1976) afirma que cuando una persona escoge un perro que presenta caracteres similares a él se establecerá una relación en la que ambos esperan estar satisfechos entre sí. Cuando un canino se encuentra en la condición de haber sufrido una amputación de extremidad, las actividades que realiza con su dueño se ven afectadas por las limitaciones del canino, lo que repercute en su dueño que ya no puede salir a trotar con su perro o posiblemente lo haga, pero bajo condiciones de rendimiento menores; incluso para las personas cuya prioridad es estar en el hogar, actividades diarias del perro como subir las escaleras representan un mayor esfuerzo y mayor cuidado por parte del dueño para evitar lesiones, este tipo de situaciones afectan la calidad de vida del dueño pues no se está logrando esa satisfacción esperada entre ambos.

8.1.1. Bienestar animal

Debido a que no existen indicadores establecidos que ayuden a evaluar la calidad de vida de los perros, se evaluará el bienestar animal considerando que para garantizar la calidad de vida de un canino primero se debe garantizar su bienestar y que del bienestar si existen indicadores para realizar evaluaciones.

El concepto de bienestar animal se basa en las necesidades básicas de los animales para establecer parámetros objetivos evaluables, Paramio (2010) define necesidad como una “carencia del organismo que puede ser interna o externa”, reconoce también que dichas necesidades pueden clasificarse en tres categorías: las físicas, las fisiológicas y las psicológicas. Pilar del Cañizo (n.d.), presidenta de la Asociación Nacional de Amigos de los Animales (ANAA) en Madrid (España), expone las siguientes como las necesidades de los animales domésticos, cada necesidad debe adaptarse al animal a tratar, en este caso el canino:

- **Alimentación:** Cada animal debe recibir el tipo de alimentación correcta según su especie. Debe además ser además una alimentación equilibrada y en cantidad apropiada para la edad y el tamaño del animal.
- **Evacuación:** Necesidad de orinar y defecar.
- **Reproducción:** Se refiere a la reproducción responsable del animal, esto quiere decir a no explotar al animal sexualmente y a esterilizarlo.
- **Condiciones ambientales:** Se refiere a las condiciones ambientales necesarias como: humedad, temperatura, iluminación, entre otras; para que el animal se sienta cómodo y seguro en un espacio.
- **Condiciones etológicas:** Son las necesidades que se refieren al comportamiento instintivo del animal. En el caso de los perros se trata de seres sociales que precisan relacionarse con otros animales o humanos, esta relación se alimenta a través del juego, olfatear o investigar, por ejemplo.
- **Salud:** Abarca tanto el tratamiento como la prevención de condiciones que afecten la salud, física y psicológica, del canino como enfermedades o lesiones.

A través del bienestar animal es posible evaluar los valores objetivos que se mencionan en el concepto de calidad de vida a partir de las necesidades del canino. La Organización Mundial de Sanidad Animal define el término bienestar animal como “el modo en que un animal afronta las condiciones de su entorno”(OIE, 2014). Para garantizar el bienestar de un animal se deben considerar tres conceptos:

“El funcionamiento adecuado del organismo (lo que entre otras cosas supone que los animales estén sanos y bien alimentados), el estado emocional del animal (incluyendo la ausencia de emociones negativas tales como el dolor y el miedo crónico) y la posibilidad de expresar algunas conductas normales propias de la especie” (Manteca, X, Mainau, E y Temple, 2012, P.1)

Todos estos factores se relacionan entre si ya que para que uno de ellos se garantice, los dos restantes deben hacerlo también, por ejemplo, el funcionamiento adecuado del organismo influye en el estado emocional del animal y en el comportamiento del canino.

El bienestar psicológico se centra en el estado emocional de los caninos y puede verse reflejado en las conductas que adquieren como respuesta a estímulos que pueden ser positivos, como no sentir hambre, socializar con otros caninos, etc.; o negativos como dolor, estrés, hambre, etc. El bienestar físico se centra en el funcionamiento biológico, la condición corporal y de salud que pueden ser observados directamente por un evaluador. Un estado de salud negativo que impacta directamente en la funcionalidad y biología del animal influirían en el bienestar mental conllevando a un estado mental negativo (Bertolini, 2014, p.12).

Cuando un canino se encuentra en condición de discapacidad por la pérdida de extremidad y no se moviliza de manera eficiente se pueden ver vulnerados dos de los principios básicos que garantizan el bienestar animal: el primero que expresa que existe una relación crítica entre la sanidad de los animales y su bienestar y el segundo que hace referencia las «cinco libertades» mundialmente reconocidas como pautas que deben regir el bienestar de los animales. Las últimas libertades son las que pueden afectar en mayor medida el bienestar de un canino con amputación, hacen referencia a que el animal no debe sufrir estrés físico ni térmico, a que el animal no debe sufrir dolor, lesiones ni enfermedades, a que el animal es capaz de mostrar la mayoría de sus patrones normales de conducta y a que el animal no experimenta miedo ni estrés. En este caso el no poder moverse de manera eficiente y la reducción de la actividad física le pueden generar en el canino dolor y futuras lesiones lo que se verá expuesto en la salud física del animal, además de la limitación en la participación social que se verá reflejada en patrones anormales de conducta y estrés que hacen parte de la salud psicológica del canino.

8.1.2. Evaluación de bienestar animal

La evaluación de bienestar animal es utilizada para medir el grado de bienestar en el que se encuentra el animal, para el proyecto se tomarán indicadores de bienestar referenciales que ayuden a entender las afectaciones en la salud física que afectan el bienestar de un canino con amputación.

Wojciechowska y Hewson (2005) citados por Bertolini (2014, p.13) reconocen que el desarrollo de instrumentos que permitan evaluar el bienestar en animales de compañía es escaso,

sin embargo, han surgido propuestas que han marcado referentes de indicadores de bienestar animal.

Una de las propuestas es de Morton (2007) citado por Bertolini (2014, p.13) que establece como indicadores directos los basados en la observación directa del animal y los indirectos como los recursos con los que cuenta, estos últimos se basan en la información proveniente del dueño. Como indicadores directos, Morton propuso la evaluación de aspectos del comportamiento, la actitud corporal, el estado nutricional (condición corporal), la calidad de la interacción con humanos y otros animales, los signos presentes de enfermedad y de salud física o funcional; y como indicadores indirectos los recursos de infraestructura, alimentación y manejos sanitarios provistos por el propietario.

Los indicadores de bienestar en caninos están encaminados a satisfacer sus necesidades básicas, Bertolini (2014) y Wiseman-Orr (2005) desarrollaron modelos de evaluación de bienestar animal específicamente para caninos y de la revisión de ambos modelos se consideró trabajar bajo tres dominios: el bienestar físico, bienestar mental y el medio ambiente, este último se refiere a los indicadores que Morton propuso como indirectos. Dichos indicadores se evaluarán con valores positivos (aumento bienestar animal) y negativos (disminución de bienestar animal). Las dimensiones están relacionadas entre sí por lo que si una dimensión presenta valores negativos, esto se verá reflejado en las otras dimensiones, las afectaciones en la salud física se verán reflejadas en los indicadores de agresividad, ansiedad y estrés del canino, por ejemplo.

Tabla 1. Indicadores de bienestar animal

Dominio	Dimensiones	Indicadores
Bienestar físico	Salud física	Signos patológicos Actitud corporal Movilidad Niveles de actividad Signos de dolor Signos de estrés Condición corporal (postura)



		Estado pelaje Descanso
	Evacuación	
	Reproducción	
	Aseo	
Bienestar mental	Salud mental	Ausencia de estrés Agresividad Ansiedad Trastornos compulsivos Excitabilidad
	Condiciones etológicas	Comportamientos sociales
Medio ambiente	Condiciones ambientales	Humedad Temperatura Iluminación
	Infraestructura	Disponibilidad de espacio Área de descanso Limpieza ambiental
	Alimentación	Tipo alimentación Cantidad alimentación

Fuente: Elaboración propia con base a la propuesta de Morton (2017) y Bertolini (2014)

8.2. Discapacidad canina

Cuando un canino presenta una amputación de miembro se puede considerar al canino en condición de discapacidad. Tomando como referencia el concepto de discapacidad aplicada a humanos de la OMS (Organización Mundial de la Salud & Organización Panamericana de la Salud., 2004), la discapacidad canina puede ser entendida como las deficiencias en las funciones y estructuras corporales del canino que conllevan a limitaciones en la capacidad de llevar a cabo actividades que satisfagan sus necesidades básicas y a restricciones en la participación social.

Cuando se habla de deficiencias se abarcan todos los problemas y pérdidas en las funciones y estructuras corporales, en este caso la pérdida del miembro; las limitaciones en la capacidad son

las dificultades que el individuo pueda tener en el desempeño y la realización de actividades; y las restricciones comprenden los problemas para involucrarse en situaciones vitales.

La movilidad es una necesidad básica del canino que le ayuda a suplir otras necesidades igualmente importantes, en el caso de amputación la discapacidad se genera por la deficiencia en la estructura corporal del canino, más específicamente por la pérdida de una extremidad producto de una amputación. Como consecuencia de esta deficiencia se presentan anomalías en la movilidad del canino, que ya no se desplazará con sus cuatro extremidades, y la manera en cómo se desplaza el canino puede afectar otras funciones y estructuras corporales provocando problemas de salud posteriores. De igual manera, el canino presentará dificultades que afectarán su desempeño a la hora de movilizarse y realizar actividades que requieran de movilizarse como jugar, correr, subir escaleras, entre otras.

8.3. Pérdida de extremidad en caninos

Se considera pérdida de extremidad a la condición en la que un canino no cuenta con alguna extremidad, ya sea por razones congénitas o adquiridas como por amputación.

Para este caso la pérdida de extremidad no estará dada por factores congénitos sino por amputación. “Una amputación es una condición adquirida cuyo resultado es la pérdida de una extremidad y cuya causa suele ser una lesión, una enfermedad o una operación quirúrgica” (Osorio, 2009, p.2).

8.3.1. Causas

En primer lugar hay que decir que la amputación se debe de considerar como un método de salvamento, y excepto en algunas ocasiones, debe de ser indicada cuando no exista otra alternativa para salvar el miembro (Fernández, 2004, p.2). Las causas más comunes de una amputación son:

- Neoplasias no extirpables
- Traumatismos con graves lesiones

- Necrosis isquémica
- Osteomielitis crónica
- Parálisis o lesiones neurológicas

8.3.2. Nivel de amputación

Fernández (2004) afirma que en los pequeños animales se realiza la amputación alta de la extremidad debido a que “si el miembro amputado queda excesivamente largo el animal pretenderá apoyar sobre él mientras se adapta a su nueva condición y esto provocará lesiones crónicas sobre el muñón y heridas difíciles de tratar” (p.3).

En general es recomendable cortar la extremidad a nivel de la diáfisis del hueso (Figura 1), lo que permite que el hueso se remodele y los tejidos blandos no sufran traumatismos; si la amputación se realiza a nivel de una articulación, la epífisis articular permanecerá intacta y causará traumatismos en el tejido blando que derivarán en una cobertura inadecuada del hueso, traumatismos en el muñón y dolores. En el caso de realizar una amputación a nivel de la articulación del hombro o de la cadera, existirá suficiente tejido blando y musculo para proteger el hueso.

En el caso de la amputación en la extremidad posterior, es más recomendable la amputación a nivel del tercio de la diáfisis femoral puesto que el muñón puede proteger los genitales en el macho. En caso de que la amputación por neoplasias femorales, hay que desarticular la extremidad a nivel de la cadera. Para la amputación de una extremidad en el miembro anterior, la eliminación de todo el miembro incluida la escápula es más fácil y rápida que realizar la amputación a nivel de la articulación del hombro (Fernández, 2004, p.3), aunque existe una teoría concreta sobre a qué nivel debería ser realizada la amputación en cada extremidad, la altura o nivel de la misma puede variar según el veterinario que realice la intervención, es decir, que si bien se realiza sobre el mismo hueso, no todas las amputaciones están hechas a la misma altura de éste y no todos los muñones presentarán las mismas características.

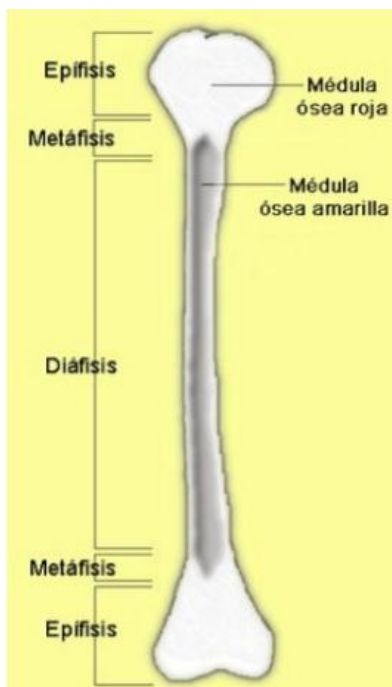


Figura 1. Anatomía del hueso

Fuente: Sistema esquelético. (2014). Recuperado de: <https://es.slideshare.net/exitoinevitable/sistema-esqueletico-31270379>

8.3.3. Cómo afecta la pérdida de extremidad al canino

En entrevistas realizadas a médicos veterinarios, Romero (2016) encontró que para un animal discapacitado las oportunidades de vida disminuyen debido a que es frecuente que sus dueños opten por la eutanasia por considerar ésta la opción más cómoda en términos de cuidado al animal, otra percepción es que la calidad de vida del canino va a ser mínima en esta condición.

Martin Gross, investigador principal y biólogo de la Universidad Friedrich-Schiller de Jena (Universidad Friedrich Schiller de Jena, 2009) explica que “La locomoción terrestre natural está diseñada para un número par de extremidades” y que “Tras una amputación, sufrida por ejemplo por un accidente, es necesario que se produzca una reorganización del sistema locomotor.”

En el canino, como consecuencia de la pérdida de una extremidad “Sus movimientos se verán afectados así como su balance interno ya que al redistribuir su peso no sólo las tres extremidades restantes deben asumir una nueva carga sino también los órganos internos sufren de una nueva compresión debida a la redistribución de cargas corporales” (Vargas, 2014, p.25). Se dará una alteración mecánica y alineación anormal anatómica que afectará su estructura corporal, los

daños se verán reflejados principalmente en su columna vertebral y la extremidad contralateral a la amputada.

La marcha o deambulación se refiere a la forma como el paciente camina, como en los humanos, en caso de que se presente una amputación de extremidad, el gasto energético de la marcha aumentará y como efecto secundario habrá disminución de eficiencia de la deambulación (Samitier et al., 2011, p.62), por lo que tendrán un nivel de actividad bajo y se cansarán más rápido que los caninos que se movilizan con sus cuatro extremidades. Que el perro disminuya la actividad física puede provocar problemas de obesidad, especialmente en perros de edad avanzada ya que el gasto energético es mayor en ellos. La obesidad puede conllevar a enfermedades cardiovasculares y diabetes.

8.4. Necesidad de movilidad

“La OMS define la movilidad como las actividades que realiza una persona para cambiar o mantener la posición o el lugar del cuerpo; al llevar, mover, y usar objetos, al andar, al moverse o desplazarse utilizando medios de transporte.”(Querejeta, 2003, p.15).

Una amputación afecta directamente la movilidad del canino. La necesidad de movilidad en caninos que han sufrido la pérdida de una extremidad parte de la dificultad para desplazarse de manera autónoma, desplazarse “se clasifica dentro de las actividades de movilidad y se define como mover todo el cuerpo de un sitio a otro”(Querejeta, 2003, p.15); se entiende entonces la movilidad como las actividades de moverse y/o desplazarse que realiza el canino para cambiar o mantener la posición o el lugar del cuerpo.

La limitación en la capacidad de movilizarse repercute en la limitación para realizar otras actividades con caninos y restringe la participación social del canino con el humano en la medida que su discapacidad limita las actividades que realizan juntos. Al tener que realizar más esfuerzo para movilizarse su capacidad física disminuye, el perro no podrá ejercitarse como antes, se agotará más rápido cuando sale de paseo con su dueño, posiblemente deba ser asistido para realizar algunas actividades de la vida cotidiana y la interacción con otros caninos será más limitada pues no podrá llevarles el ritmo cuando se relacionan por medio del juego. Cabe resaltar que los perros son seres sociales y todas estas situaciones tienen como consecuencia final la

afectación de la salud física y mental del canino, que se ven reflejados en el comportamiento del mismo. La necesidad de movilidad influye directamente entonces en el bienestar del canino.

Cuando la necesidad de movilidad no está satisfaciéndose de la manera adecuada y se restringen las actividades que dependen de ella el bienestar del animal se ve afectado y por ende su calidad de vida. Aunque los perros poseen una notable capacidad de adaptación ante amputaciones de extremidades (Universidad Friedrich Schiller de Jena, 2009), y pueden llegar a desplazarse de manera autónoma no significa que lo hagan de manera correcta. La necesidad de movilidad se puede satisfacer desde dos perspectivas: movilidad eficaz y movilidad eficiente.

María Moliner (1998) afirma que la eficacia “se aplica a las cosas o personas que pueden producir el efecto o prestar el servicio al que están destinadas” (p.2). Por ende, se puede decir que algo es eficaz si cumple el objetivo que debía cumplir. La movilidad eficaz se refiere entonces a la manera de movilizarse de los caninos que logran adaptarse y llegan a desplazarse de manera autónoma. Se satisface la necesidad de movilidad sin tomar en cuenta otros aspectos o factores de riesgo.

Por otro lado la eficiencia se entiende como “el grado en que se cumplen los objetivos de una iniciativa al menor costo posible” (Mokate, 2001, p.4). En este caso se entenderá la palabra “costo” como los factores de riesgo y el costo energético que involucra desplazarse para un canino sin una de sus extremidades. Teniendo en cuenta lo anterior, la movilidad eficiente, requiere que el canino no sólo logre adaptarse y desplazarse sino que se traen a consideración variables como la seguridad del mismo al realizar la actividad. Dentro de los factores de seguridad se encuentran principalmente la reducción de los riesgos que generan la redistribución y compensación del peso que deben hacer para lograr un equilibrio en su cuerpo a la hora de desplazarse y el incremento del esfuerzo necesario para hacerlo.

La movilidad eficiente se logra entonces cuando, a pesar de no contar con todas sus extremidades, el perro logra desplazarse de manera autónoma con el menor esfuerzo posible (aumentando su rendimiento) y superando los factores de compensación de peso, estas características son vistas desde el punto de vista funcional y conllevan a un mejor desempeño en las actividades físicas necesarias para satisfacer sus necesidades evitando lesiones físicas. Desde el punto de vista ergonómico, la movilidad eficiente se da cuando se logran reducir los riesgos en la salud física que tienen como consecuencia el aumento en la calidad de vida del canino e



influye también en su salud psicológica, pues no experimentará dolor y podrá satisfacer otras necesidades como la de socialización. De esta forma también se verá afectada positivamente la calidad de vida del dueño, que además de percibir que su perro lleva una buena calidad de vida, tendrá menos limitaciones en la realización de actividades.

9. Marco teórico

Se realizó una investigación que comprendía la anatomía y articulaciones de los miembros posteriores y anteriores del canino pero debido a que posteriormente se estableció trabajar con los miembros posteriores, únicamente sólo se presenta la información que corresponde a los miembros posteriores.

9.1. Anatomía del canino

La anatomía es la rama de la ciencia biológica que trata la forma y estructura de los organismos y se halla íntimamente relacionada con la fisiología que trata las funciones del cuerpo (Fariña & Smith, 2016^a, p.13). Para el desarrollo del proyecto se estudiarán las partes del esqueleto que corresponden a los miembros anteriores y posteriores. El estudio de la anatomía de los caninos para este caso se tomó de la publicación del Dr. Fariña (2011).

- **Miembro posterior**

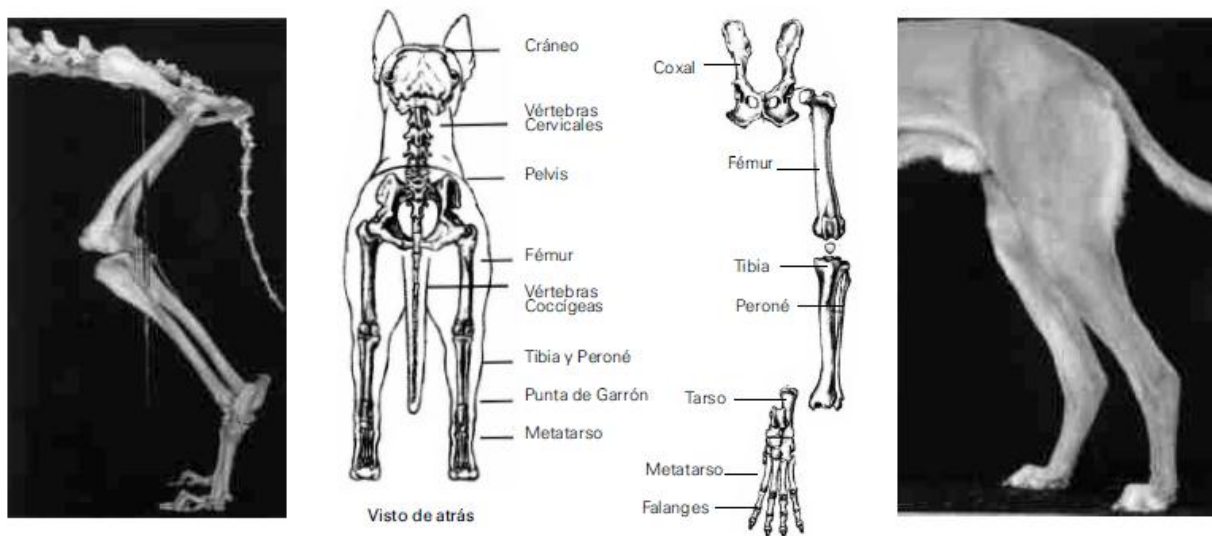


Figura 2. Vistas anatomía esqueleto miembro posterior

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. (2016). Manual ilustrado de cinología. Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_



El miembro posterior (Figura 2) está formado por el coxal, fémur, tibia, peroné, tarso, metatarso y falanges.

El coxal o hueso de la cadera (Figura 3) es el mayor de los huesos planos y está formado por tres huesos soldados entre sí: el ilión, el isquiún y el pubis. Los tres huesos se encuentran para formar el acetábulo que es una cavidad que articula con la cabeza de fémur.

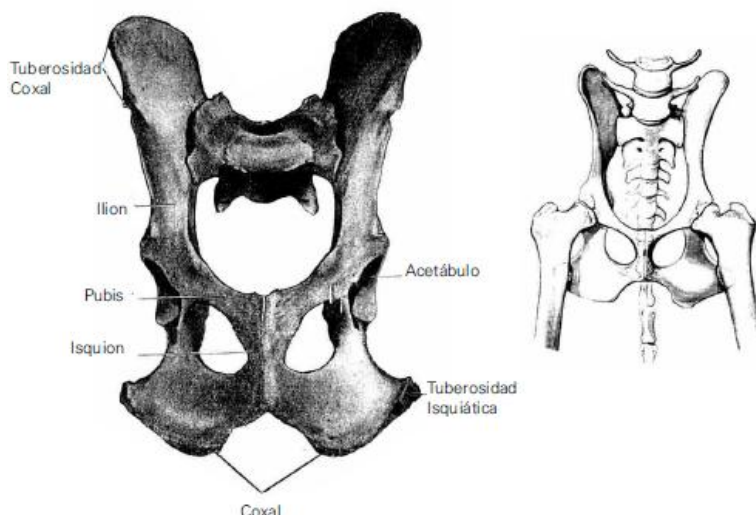


Figura 3. Coxal

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. (2016). *Manual ilustrado de cinología*. Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

El fémur (Figura 4) es el hueso largo más voluminoso y sólido. Se articula con el acetábulo (coxal) por arriba y con la tibia y la rótula por abajo. El fémur, la rótula y la tibia se encuentran para formar la articulación femor-tibio-rotuliana: rodilla. La región cuya base ósea está formada por el fémur se denomina muslo.



Figura 4. Fémur

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. (2016). *Manual ilustrado de cinología*. Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

La tibia (Figura 5) se articula por arriba con el fémur y por abajo con el tarso. El peroné es un hueso largo y reducido situado a lo largo del borde lateral de la tibia. La región cuya base ósea está formada por la tibia y el peroné se denomina pierna.

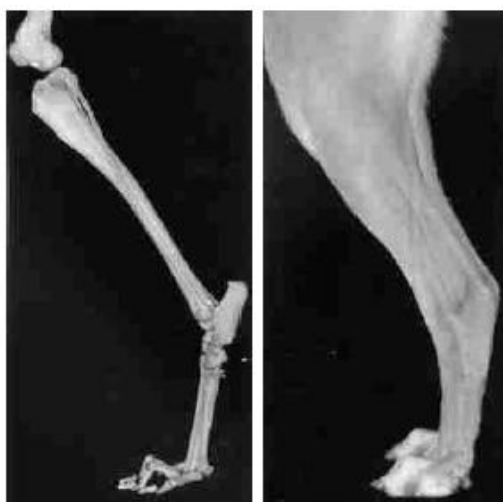


Figura 5. Tibia y peroné

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. (2016). *Manual ilustrado de cinología*. Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

El tarso consta de siete huesos que se articulan por arriba con la tibia y por abajo con los metatarsianos. Existen cinco metatarsianos, el primero en general muy pequeño por lo que el primer dedo falta a menudo. Las falanges de este miembro son similares a las del miembro anterior.

9.2. Articulaciones

Una articulación está formada por la unión de dos o más huesos o cartílagos por intermedio de otros tejidos. El medio de unión está formado por tejido fibroso o cartílago o por una mezcla de ambos, se pueden clasificar de modo anatómico (según su estructura), fisiológico (según su rango de movimiento) o por la combinación de las dos características anteriores (Ghezzi, Castro, Islas, Dominguez, & Carrica, 2010). La principal función de las articulaciones es proporcionar movilidad a las palancas óseas de manera eficiente y sin dolor. Existen además tres tipos de articulaciones: articulaciones fibrosas (sinartrosis), articulaciones cartilaginosas (anfiartrosis) y articulaciones sinoviales (diartrosis). Las articulaciones sinoviales son las que poseen un mayor rango de movimiento y las que están presentes en las articulaciones del miembro posterior y anterior del canino.

9.2.1. Amplitud de movimiento

El movimiento parcial o total de una articulación se denomina rango de movilidad articular. Este puede ser completo (anatómico) o funcional, y corresponde al movimiento necesario para realizar una tarea determinada (Moreira & Panasiuk, n.d, p.13). Los movimientos se determinan a partir de los planos en los que se divide el cuerpo, en este caso del canino (Figura 6). El movimiento denominado flexión es la “inclinación de una articulación de modo tal, que hace que los segmentos se aproximen y disminuya el ángulo de la articulación” (Moreira & Panasiuk, n.d, p.14), el movimiento opuesto a la flexión se denomina extensión y se refiere al “movimiento en el cual los segmentos se alejan y aumenta el ángulo de la articulación” (Moreira & Panasiuk, n.d, p.14); la abducción se define como el movimiento lateral que se aleja de la línea media trazada por el plano sagital medio y la aducción como el movimiento lateral que se acerca a

dicha línea. Finalmente, la rotación es el giro o el movimiento que se da en torno a un eje longitudinal.

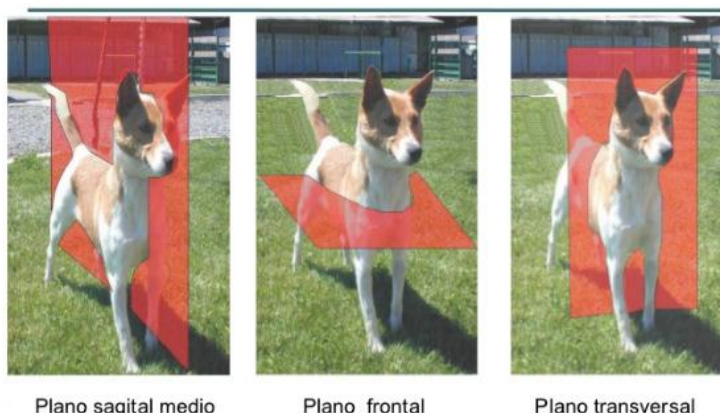


Figura 6. Planigrafía veterinaria

Fuente: Olmedo, G. (2010). Recuperado de: <https://es.slideshare.net/Gerolper/introduccion-al-estudio-de-anatomia-veterinaria-descriptiva>

9.2.2. Articulaciones en miembro posterior

A continuación se presentan las articulaciones del miembro posterior.

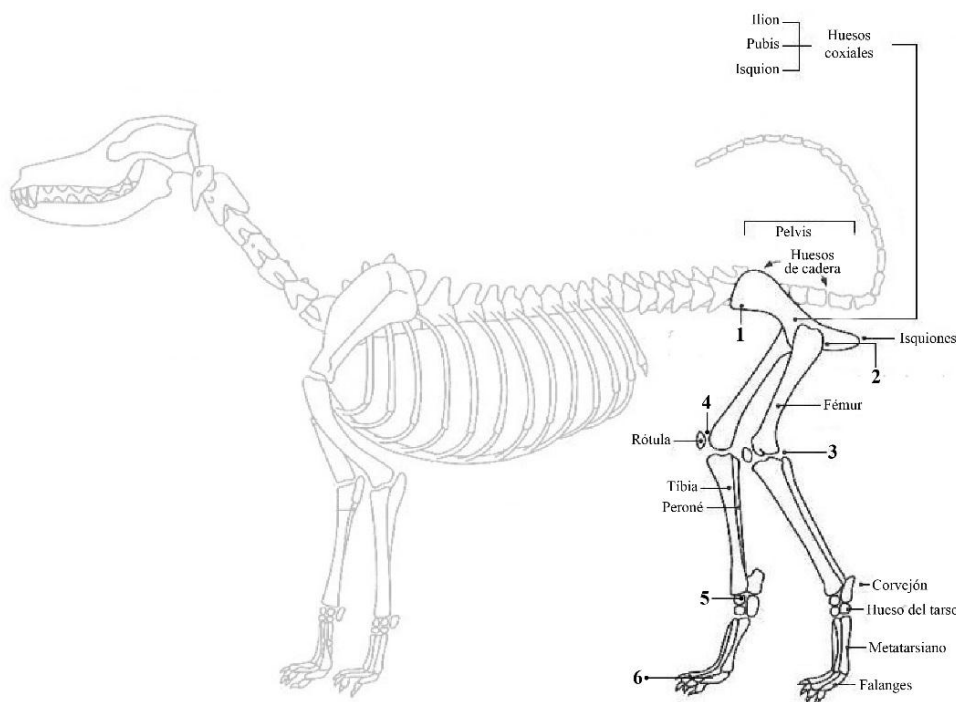


Figura 7. Articulaciones del miembro torácico

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia la imagen recuperada de:
<http://www.shibaspain.com/morfologia-del-shiba/mofologia-general-canina>

1. Articulación Sacroilíaca

Articulación poco móvil formada por el sacro e ilión (Abreu, 2011, p.3).

2. Articulación de la cadera (coxo-femoral)

Articula la cabeza del fémur y la superficie articular del acetábulo. Es de clase esferoidal y permite los movimientos de flexión, extensión, abducción, aducción y rotación (Abreu, 2011, p.7). El rango normal de movimiento de esta articulación es de 55° en flexión y de 100 a 165° en extensión (Figura 8) (Be-vet veterinaria, 2017).



Figura 8. Rango de movilidad de la cadera

Fuente: Escala Boiarth. Recuperado de: Fuente: Elaboración propia tomando como referencia la imagen recuperada de: <http://www.shibaspain.com/morfologia-del-shiba/mofologia-general-canina>

3. Articulación de la rodilla (femorotibial)

Articula los cóndilos del fémur y los de la tibia. Es de clase condilar y permite los movimientos de flexión, extensión y rotación (Abreu, 2011, p.9). El rango de movilidad de esta articulación (Figura 9) es de 45° en flexión y en extensión de 160° a 170° (Be-vet veterinaria, 2017).

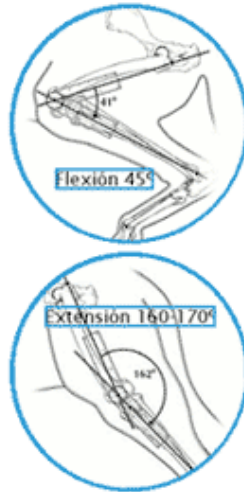


Figura 9. Rango de movilidad de la rodilla

Fuente: Escala Boiarth. Recuperado de: Fuente: Elaboración propia tomando como referencia la imagen recuperada de: <http://www.shibaspain.com/morfologia-del-shiba/mofologia-general-canina>

4. Articulación de la rodilla (femororrotuliana)

Tróclea del fémur con la superficie articular de la rótula. De clase troclear y permite el movimiento de flexión y extensión (Abreu, 2011, p.16).

5. Articulación del tarso (tarsocrural)

Tróclea de la tibia y fila proximal de los huesos del tarso. Es de clase gínglimo (bisagra) y permite movimientos de flexión y extensión (Abreu, 2011, p.19).

6. Articulaciones de los dedos

Articula las falanges al metatarso y las falanges entre sí. Son de clase gínglimo (bisagra) y permite movimientos de flexión y extensión (Abreu, 2011b, p.30). Esta última articulación es la que proporciona amortiguación cuando se apoya el miembro.

9.3. Biomecánica del perro

Es importante estudiar la biomecánica del canino para entender los movimientos realizados durante el desplazamiento y cómo se comparte cada articulación durante el mismo.

La biomecánica se define como la ciencia y tecnología de los movimientos simples y complejos que pueden ejecutar los animales para armonizar con sus restricciones anatómicas (Rodríguez, n.d., p.1). Según Fariña & Smith (2016b) los caninos se trasladan avanzando con el o los miembros anteriores, empujados por el o los miembros posteriores. La función de los miembros anteriores es dar apoyo y dirección, mientras que la función de los miembros posteriores es dar propulsión al movimiento. A fin de que el movimiento de traslación resulte correcto debe desarrollarse con un mínimo de esfuerzo y un máximo de efectividad. A pesar de que el movimiento puede variar en algunas razas debido a que no todos poseen los mismos ángulos ni largo de los huesos, se pueden establecer puntos y zonas de referencia para realizar la evaluación, dicha evaluación debe realizarse en estática y dinámica.

9.3.1. Evaluación de movimiento

Evaluación estática

Para esta evaluación el canino debe estar de pie, se deben observar las características de conformación, posicionamiento del canino y los aplomos. Los aplomos son líneas imaginarias que se trazan a lo largo de cada miembro, cuando un perro se encuentra en la posición parado y se observa de frente, sus miembros anteriores deben ser paralelos entre sí, igualmente los miembros posteriores. A medida que avanza los miembros, anteriores y posteriores, buscarán la línea media, del plano sagital, imaginaria del cuerpo para equilibrar el peso, entre más rápido vaya el canino, las extremidades se acercarán más a esta línea media. Cada miembro delantero se mueve en línea con el miembro trasero inclinándose en el mismo ángulo. Deben también tenerse en cuenta las angulaciones, que son los ángulos que se forman cuando se articulan los huesos, en la Figura 10 se muestran las angulaciones en reposo que deben considerarse en el estudio del movimiento en un canino (Fariña & Smith, 2016b).

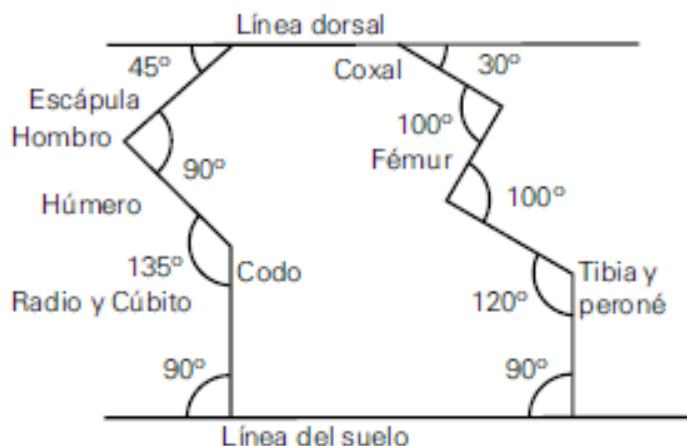


Figura 10. Angulaciones del miembro anterior y posterior

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. Manual ilustrado de cinología. (2016). Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

Evaluación dinámica

Santoscoy (2008) manifiesta que el examen en dinámica se efectúa caminando al trote o incluso a carrera y se debe realizar en una superficie plana y no resbaladiza. Se evalúan tres parámetros:

- **Locomoción:** Capacidad de desplazarse de un lugar a otro, la propulsión está dada por los miembros posteriores en su mayoría y la estabilidad y dirección por los miembros anteriores. Se observa si el animal distribuye el peso de forma simétrica en los cuatro miembros
- **Adaptación:** Se evalúa la integración del aparato locomotor con los nervios periféricos, es decir la capacidad del canino de responder a estímulos externos o adaptarse a características del entorno, como el terreno.
- **Equilibrio:** Se evalúa la capacidad del perro de mantenerse dentro de un punto estable cuando se deslaza y cambia de dirección.

Cuando el canino se deslaza el recorrido de ida vuelta da como resultado una triangulación alineada en el miembro anterior con la escápula y en el miembro posterior con el coxal (Figura 11). En el miembro anterior el humero se alinea con la escápula para alcanzar su máxima



angulación durante el movimiento, a su vez el cúbito, radio, carpo y metacarpo continúan una misma línea; en el miembro posterior sucede lo mismo con sus respectivos huesos.

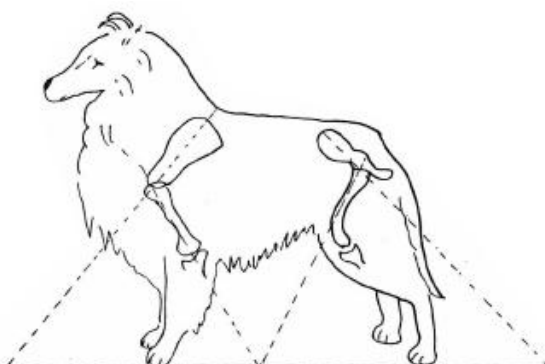


Figura 11. Triangulación en el desplazamiento

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. Manual ilustrado de cinología. (2016). Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

La secuencia de eventos que ocurren desde que el miembro inicia el movimiento hasta que retorna a su posición inicial se denomina ciclo de paso, el paso puede medirse registrando la distancia existente entre dos huellas sucesivas de una misma pata y se divide en dos porciones denominadas movimiento y estancia (Santoscoy Mejía, 2008).

a. Fase de movimiento

La fase de movimiento se divide en dos partes: flexión y extensión temprana. La fase de movimiento inicia con la flexión en la articulación de cadera y hombro principalmente y tiene como objetivo acercar la masa muscular al eje del movimiento para que en el siguiente ciclo se requiera el mínimo de energía.

En la Figura 12 se puede observar que durante el desplazamiento en el miembro anterior el humero se mueve hacia adelante primero y luego hacia atrás, quedando estático en la última posición y en el miembro posterior el fémur está estático en su posición hacia adelante y luego se mueve hacia atrás.

La parte de extensión inicia cuando la flexión está finalizando y termina cuando la pata toca el piso. En un miembro en movimiento, la relajación de la flexión permite que la inercia y las



fuerzas centrífugas y de gravedad conduzcan la pata hacia el piso. En las triangulaciones formadas, el vértice de la parte interna de cada triangulación debe coincidir aproximadamente en la parte media del perro, además para un correcto desplazamiento la cruz al igual que el resto de la línea superior del perro deben permanecer firmes. Cualquier alteración se traduce en desviaciones que alteran el balance del movimiento y su armonía, la energía desperdiciada será proporcional al defecto (Fariña & Smith, 2016b, p.39).

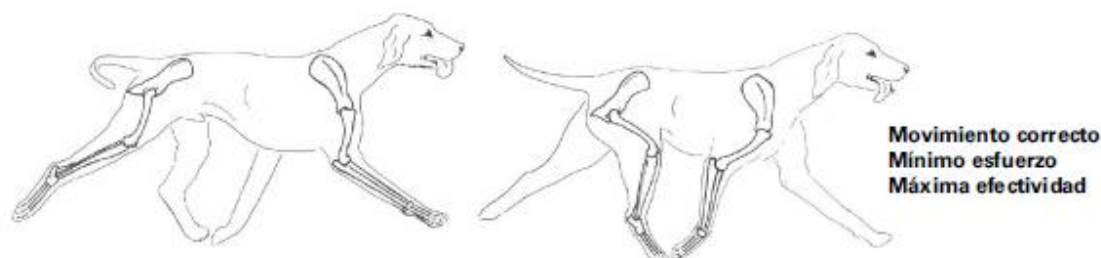


Figura 12. Movimiento de los huesos durante el desplazamiento

Fuente: Fariña, J., & Smith, F. Manual ilustrado de cinología. (2016). Recuperado de: https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

En la fase de movimiento se debe tener en cuenta también el ritmo que está determinado por los sucesivos apoyos de los miembros en el suelo:

- 4 Tiempos: Un miembro en el aire y tres en el piso. Proporciona equilibrio y estabilidad en los movimientos lentos como el caminar. En el caso de correr los cuatro miembros se encuentran en el aire al mismo tiempo.
- 3 Tiempos: Un miembro se mueve solo, dos juntos y otro solo.
- 2 Tiempos: Dos apoyos a la vez, miembro anterior y posterior. Característico del trote.

Y puede ser en par, miembros del mismo lado pisan al mismo tiempo, o diagonal, dos miembros opuestos pisan al mismo tiempo, por ejemplo, mano derecha-pata izquierda.

b. Fase estancia

Inicia con la porción de inicio de apoyo cuando la pata toma contacto con el piso y finaliza con la contracción muscular que da paso a la fase de propulsión.



9.3.2. Centro de gravedad

El centro de gravedad de los perros teóricamente se ubica en la intersección que resulta de trazar una línea horizontal que pasa por el tórax y otra vertical cerca a la escápula (Fariña & Smith, 2016b). Como resultado se obtiene también que el 60% del peso corporal del animal cuadrúpedo corresponde a la parte anterior del animal (debido al peso de la cabeza), y que el 40% corresponde a la posterior, como se puede ver en la Figura 13 (Rodríguez, n.d, p.1).

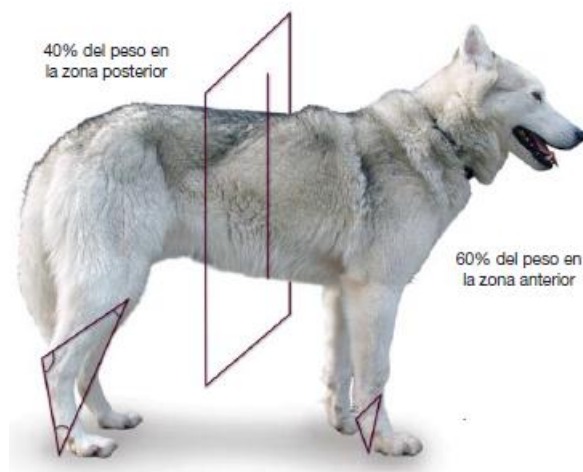


Figura 13. Centro de gravedad del perro

Fuente: Rodríguez, R. Biomecánica (perros).

Para calcular el peso ejercido en cada extremidad se debe calcular primero el peso correspondiente a la parte anterior y posterior del animal, después cada valor se divide por dos. En el caso de los miembros anteriores, ese será el peso ejercido sobre cada extremidad, pues las extremidades no se flexionan; en el caso de los miembros posteriores la fuerza que ejerce el animal sobre cada uno de ellos es mayor al valor calculado debido a que el perro camina con los miembros flexionados (Rodríguez, n.d, p.1).

10. Estado del arte y de la técnica

10.1. Estado del arte

Para la revisión del estado del arte se elaboraron dos tablas. En la Tabla 2 se registraron los trabajos académicos y artículos que se revisaron, todos estos documentos se revisaron porque abarcaban conceptos que se consideraron necesarios para el desarrollo del proyecto. En la Tabla 2 se puede encontrar el título de cada documento, un resumen de la introducción que da una idea del contenido del documento, una conclusión principal de la introducción, una sección denominada “observación” en donde se pueden encontrar los conceptos abordados en el documento, y en algunos casos, las metodologías de trabajo que utilizaron y finalmente la bibliografía.

En la Tabla 3 se pueden observar los conceptos que se tuvieron en cuenta para la revisión del estado del arte y los documentos revisados que los abordan, también se incluyeron conceptos que se encontraron en la revisión del estado del arte y se consideró que debían ser tenidos en cuenta.

Tabla 2. Análisis del estado del arte

Título	Resumen Introducción	Conclusión principal	Observación	Bibliografía
Diseño de ortopedia para rehabilitación y adaptación para caninos.	Debido al bajo desarrollo en el campo de la ortopedia animal, las opciones en el mercado de estos productos son limitadas y cuando un animal sufre de un trauma no recibe la atención adecuada ni se cuentan con los insumos suficientes para su rehabilitación. Se propone el diseño de equipo ortopédico para la rehabilitación y adaptación de caninos con fracturas en sus extremidades o parálisis en la columna vertebral. Todo esto a partir del biodiseño y tecnologías de impresión 3D.	Como en Colombia, en Ecuador también hay un bajo desarrollo en el campo de ortopedia animal.	Se abordan conceptos como el de discapacidad enfocada a las necesidades y lesiones caninas. Estudio y categorización de razas según su anatomía. Piscología canina que trata las consecuencias que trae no tratar debidamente estas lesiones en el desequilibrio emocional de los caninos y por ende cómo influye esto en su calidad de vida. Ergonomía canina, adaptación de recursos metodológicos para obtener datos ergonómicos de un grupo específico de caninos seleccionados según la clasificación de razas por tamaño.	Rojas, J. 2015. Diseño de ortopedia para rehabilitación y adaptación para caninos (tesis de pregrado). Universidad de Azuay, Ecuador. Recuperado de: http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/4759/1/11211.pdf
Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina	A partir de un modelo de diseño se llega a una propuesta de diseño de prótesis canina para un caso clínico en particular. El modelo de diseño incluye el diseño, la implementación y la validación de funcionamiento. Se deja	Bajo desarrollo de prótesis caninas en México por lo que adquirir una es costoso. Dichas prótesis contribuyen a mejorar	Como en el caso anterior se destaca la recolección de las dimensiones de los perros a estudiar, en este caso se partió de medidas generales pero finalmente se estudió un caso clínico en específico, este autor trabajó la	Vargas, J. 2014. Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina (tesis de pregrado).

	ver que a pesar de existir una población canina con necesidades de movilidad, en México no existen muchas alternativas para tratar estos casos, a diferencia de contextos como el europeo.	la calidad de vida del animal. Aplicación de modelo de diseño para llegar a una propuesta final coherente con investigación.	recolección de los datos bajo el concepto de medidas zoométricas. Es muy evidente la importancia del trabajo de campo en esta investigación, se utilizaron recursos como observación que hasta cierto punto se vuelve participativa por la interacción generada entre el autor y el canino que permite obtener datos de tipo cualitativo. Otro recurso utilizado fue la entrevista en centros veterinarios zootecnistas y el trabajo interdisciplinar con un veterinario que aportó lo datos clínicos.	Universidad Nacional autónoma de México. México. Recuperado de: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:xsQO6V3Pjm4J:www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4253/tesis.pdf%3Fsequence%3D1+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=co
Diseño de órtesis económica para perros con displacia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco	La falta de tecnología es un factor determinante para el bajo desarrollo de órtesis para perros con displacia en Guatemala, a esto se le suma que un gran porcentaje de la población es de bajos recursos y no puede acceder a estos productos importados porque tienen un alto precio. Además del elemento ortopédico, en muchos casos se requiere se cirugía y rehabilitación, lo que es bastante costoso. Como consecuencia del alto costo que	Pocas alternativas médicas en el contexto guatemalteco a pesar de ser una enfermedad muy común en los caninos, esto hace que acceder a una solución sea costoso y en muchos casos se opte por sacrificar al animal.	En este trabajo es interesante resaltar la observación participativa como recurso etnológico para obtener información no sólo del canino sino de la interacción de este con su dueño, esto arrojó resultados que se vieron reflejados en el diseño como elementos diferenciadores ausentes en los dos trabajos anteriores. El trabajo interdisciplinar fue tal vez el más fuerte de todos, ya que no se limitó a las entrevistas a veterinarios, sino que desde el	Rubio, A. 2011. Diseño de órtesis económica para perros con displacia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco (tesis de pregrado). Universidad Rafael Landivar, Guatemala. Recuperado de:

	conllea tratar a un perro en esta condición, se opta por sacrificar al animal a pesar del lazo fuerte que exista entre éste y sus dueños.		inicio hasta el final del proyecto trabajó de la mano con un especialista (veterinario). También se hizo un trabajo de campo para obtener las dimensiones de los perros a las que el autor llamó caninometría.	http://biblio3.url.edu.g t/Tesis/2011/03/04/Ru bio-Ana.pdf
Diagnóstico de dolor neuropático en caninos con amputación de extremidades. Un estudio preliminar	Una de las causas por la que puede presentarse el DN en un canino es por la amputación de una extremidad. A partir del estudio en una muestra de 8 perros a los que se les realizaron diferentes evaluaciones y de encuestas dirigidas a los propietarios se determinó que 6 de estos perros presentaban alteraciones conductuales sugerentes de DN. Se concluyó también las principales causas y localización anatómica de una amputación. Se concluyó también que la lista de criterios utilizada para el diagnóstico de DN en humanos puede ser utilizada para el diagnóstico en caninos.	“Las principales causas de amputación fueron fracturas, neuropatías y necrosis y la localización anatómica de la amputación presentada con mayor frecuencia fue en la articulación coxofemoral” El DN afecta el bienestar animal	Se utilizó una metodología cualitativa para obtener una parte importante de los datos de la investigación, como los perros no pueden comunicar de manera clara cada síntoma en específico fue necesario entrevistar a sus dueños para que aportaran información sobre cambios conductuales o manifestaciones que pudieran tomarse como signos para adjudicar cada síntoma, esto puede entenderse también como una observación abierta. La investigación se basa también en bibliografía teórica recolectada y se verifican las hipótesis mediante la evaluación clínica de los perros.	Paz, C. 2013. Diagnóstico de dolor neuropático en caninos con amputación de extremidades. Un estudio preliminar (tesis pregrado). Universidad austral de Chile. Chile. Recuperado de: http://cybertesis.uach. cl/tesis/uach/2013/fv14 56d/doc/fv1456d.pdf
Una patita, una vida: diseño de prótesis para extremidades caninas e identidad	Aunque el bienestar en los seres humanos se rige por más valores subjetivos que objetivos, cuando se habla de animales de compañía se deben de tener en cuenta los valores en	La movilidad y el estado de salud del canino impactan directamente su bienestar. Lo anterior	Se realiza una clasificación detallada a partir de la funcionalidad en donde se exponen las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de prótesis utilizados por caninos en caso de amputación. Cada prótesis se evalúa de	Romero Salazar, P. D. (2016). Una patita, una vida: diseño de prótesis para

visual para su comercialización	relación a sus necesidades básicas, entre ellas el gozar de un nivel aceptable de salud y movilidad. El diseño de prótesis puede suplir esta última necesidad y debe considerar el diseño, durabilidad y costo para que además pueda ser asequible a la mayor cantidad de individuos.	junto con el papel que ocupan los caninos en la vida de los seres humanos actualmente hace ver en la prótesis una solución para elevar el bienestar de los caninos que la requieran.	forma general sin entrar en detalles formales que también pueden afectar la funcionalidad. Se tuvo un acompañamiento de veterinarios en el proceso de diseño y prototipado para evitar lesiones como consecuencia del uso. Recopila medidas antropométricas de los caninos de las medidas utilizadas en la fabricación de ropa para perros. Es el único trabajo revisado que realizó un análisis de materiales.	extremidades caninas e identidad visual para su comerciaización . Universidad de las américas.
---------------------------------	---	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Tabla comparativa de conceptos

	Discapacidad animal	Calidad de vida (humano)	Calidad de vida/bienestar perro	Ergonomía canina	Amputación de extremidad	Movilidad	Anatomía canina	Relación dueño-canino	Interacción dueño-canino
Diseño de ortopedia para rehabilitación y adaptación para caninos.	x		x	x			x	x	

Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina	x			x	x	x			
Discapacidad y calidad de vida									
Diseño de órtesis económica para perros con displacia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco				x			x	x	
Diagnóstico de dolor neuropático en caninos con amputación de extremidades.			x		x				
Valoración de la movilidad en pacientes con amputación de miembro inferior		x				x			
Evaluación del bienestar animal en perros (<i>canis lupus familiaris</i>) atendidos por el centro de salud veterinaria el roble y su relación con la calidad de vida de sus responsables		x	x					x	
Una patita, una vida: diseño de prótesis para extremidades caninas e identidad visual para su comercialización	x			x	x	x	x		

Fuente: Elaboración propia

De la elaboración de las tablas anteriores y la revisión de los documentos se pudo concluir que temas como la discapacidad animal y las necesidades específicas de un canino no son abordados de manera profunda en las tesis revisadas, las estadísticas del número de perros en esta condición y las causas (frecuencia) de amputación son datos casi que inexistentes en estos estudios y cada autor hace énfasis en resaltar esta falta de información en su país respectivo, las tesis revisadas son de países centro y sur americanos, en su mayoría.

Se encontró que aunque todos los trabajos que abordan el tema de la discapacidad se refieren a la calidad de vida, ninguno desarrolla este concepto en el documento por lo que no es fácil hacerse una idea sobre la situación actual del canino que se encuentra en condición de discapacidad y sobre cómo esto afecta su bienestar y calidad de vida. Igualmente, en cuanto a la amputación de extremidad y la movilidad se habla de una mejora pero no se habla de las condiciones y/o necesidades actuales del canino ni de la necesidad de movilidad específicamente, sólo en un trabajo se estudiaron algunas de las soluciones existentes para suplir esta necesidad antes de tomar la decisión de desarrollar un prótesis. No es muy claro tampoco que tipo de amputación es más frecuente ni las causas por las que se realiza, por la falta de información ya mencionada. Una tesis aborda estos conceptos, tanto el de calidad de vida humana como la animal y como se relacionan entre sí, sin embargo la falta de teoría acerca del concepto que se refiere al animal e instrumentos que ayuden a medir el bienestar del canino dificultan realizar una evaluación del mismo. En todos se toca el concepto de anatomía canina y en algunos existen consideraciones mecánicas y movimientos articulares pero no se hace un análisis profundo de la marcha por lo que se llega a resultados rígidos. En todos los casos de amputación se llegó al resultado de prótesis.

Todas las tesis revisadas que desarrollan elementos ortopédicos desarrollaron por sus propios medios el concepto de “ergonomía canina”, que variaba de nombre según el trabajo, recolectando medidas por medio del trabajo de campo y construyendo tablas que satisficían la necesidad del proyecto.

Algunos tienen en cuenta la relación dueño-perro en cuanto al funcionamiento de los elementos ortopédicos, pues son ellos los que se los ponen y se los quitan a los caninos si es necesario y los que adquieren el producto. Ningún proyecto estudia la interacción dueño-perro

desde el punto de vista de las actividades que realizan juntos, los vínculos entre ellos y cómo afecta la discapacidad del animal al dueño.

Otra conclusión general es que la mayoría de los trabajos analizados que trataban temas de discapacidad animal se ubicaban dentro del contexto Latinoamericano y todos los autores manifestaron el bajo desarrollo de este campo en el sector nacional correspondiente y por ende los costos elevados de este tipo de implementos que los hacen inasequibles para la mayoría de la población, así mismo todos reconocieron a dos países (España y USA) como referentes y únicos distribuidores de elementos ortopédicos especializados. El fabricante más referenciado en los trabajos y en los productos revisados tanto en el estado del arte como en el de la técnica es OrthoPets (USA), debido a que sus productos son fabricados con tecnologías de última generación asistidas por computador y los resultados son de alta calidad, sin embargo los precios son elevados, en el caso de las prótesis sus productos oscilan entre \$ 1350.00 - \$ 1750.00 USD más los gastos de envío (OrthoPets, n.d.-b). En el caso de España, los productos más referenciados son fabricados por OrtoCanis, productores de sillas de ruedas, especialmente, que oscilan entre los 254 € más costos de envío; y las prótesis fabricadas por Ortopedia Canina que tienen un costo aproximado de 764 € más costos de envío. Todos los fabricantes mencionados, en los casos que se manejan a distancia, piden llenar un formulario con dimensiones y otros datos de los pacientes y a partir de eso se diseña el producto.

10.2. Ayudas técnicas para caninos

Partiendo de la definición dada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2016) se entiende como ayuda técnica “cualquier ayuda externa (dispositivos, equipos, instrumentos o programas informáticos) fabricada especialmente o ampliamente disponible, cuya principal finalidad es mantener o mejorar la autonomía y el funcionamiento de un individuo, por tanto, promover su bienestar”. Las ayudas se emplean también para prevenir déficits en el funcionamiento y afecciones secundarias. En el caso de amputación de extremidad en caninos, las ayudas técnicas más utilizadas son las prótesis y sillas de ruedas.

10.2.1. Sillas de ruedas

Las sillas de ruedas para perros tienen como objetivo mejorar la movilidad y autonomía del animal, recuperando su salud física y mental. Las sillas de ruedas pueden ser usadas en perros con hernias discales, displasia de cadera, artrosis, edad avanzada, obesidad, amputaciones, entre otros casos que impidan la funcionalidad del caminar. Pueden ser usadas también como instrumento de rehabilitación (OrtoCanis, n.d.).

Existen sillas de ruedas para extremidades posteriores y anteriores, sin embargo, las de uso más frecuente son las de las extremidades posteriores; en ambos casos la silla puede cumplir funciones auxiliares, cuando el canino tiene cierto grado de movilidad en las extremidades afectadas y en casos de rehabilitación, o como apoyo total, cuando la movilidad en las extremidades afectadas es nula.

En el mercado hay variedad de diseños de sillas de ruedas que responden a las necesidades particulares de cada caso y facilitan el montaje, los materiales que se utilizan para su fabricación varían dependiendo del animal o la necesidad, los utilizados con más frecuencia son aluminio, acero, hierro y diferentes polímeros como pvc, sus arneses están fabricados de neopreno o materiales textiles que procuran evitar úlceras debido al constante roce.

Las ventajas de las sillas de ruedas es que pueden adaptarse con facilidad a los caninos sin causarles lesiones o riesgos futuros a su salud, además existe variedad en el mercado internacional y nacional por lo que pueden encontrarse a precios accesibles. En el caso de amputación son usadas cuando existe amputación de las dos extremidades posteriores o anteriores (Figura 14) pero en el caso particular de un canino con una extremidad amputada, las sillas de ruedas pueden no ser la mejor opción pues comprometen la movilidad del otro miembro.

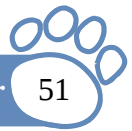


Figura 14. Uso de silla de ruedas en casos de amputación de los dos miembros anteriores (Gordo, izquierda) y los dos miembros posteriores (Desconocido, derecha)

Fuentes: El Observatodo. (2015). "Gordo" el perro coquimbano que sobrevivió a accidente conmueve en redes sociales. Recuperado de: <http://www.elobservatodo.cl/noticia/sociedad/gordo-el-perro-coquimbano-que-sobrevivio-accidente-conmueve-en-las-redes-sociales>

Sillas de ruedas para perros. Recuperado de: http://mascotas.facilísimo.com/reportajes/perros/salud-y-alimentacion-de-perros/sillas-de-ruedas-para-perros_185890.html

10.2.2. Prótesis

A diferencia de dispositivos como las sillas de ruedas las prótesis "reemplazan" un segmento de la extremidad faltante debido a la amputación, traumatismo o deformidad congénita (4 Patas, n.d.).

En el caso de perros a los que se les haya amputado una extremidad, una prótesis ortopédica puede ser una buena solución para la movilidad y la restauración de la comodidad y la biomecánica del perro (OrthoPets, n.d.-b), pero debido a que existen pocos fabricantes de prótesis para perros y están ubicados en Estados Unidos y España principalmente, los precios son elevados. OrthoPets, uno de los fabricantes más reconocidos, por ejemplo, ofrece dispositivos protésicos que cuestan entre \$ 1350.00 - \$ 1750.00 USD más los gastos de envío.

Estos dispositivos requieren de un alto esfuerzo de adaptación por parte del animal y es posible que se requiera la ayuda de un especialista para que facilite la etapa de adaptación.



Figura 15. Prótesis para miembro anterior (izquierda) y prótesis para miembro posterior (derecha)

Fuente: OrthoPets. Recuperado de: <https://orthopets.com/brace-and-prosthetic-solutions/thoracic-fore-limb-prosthetics/>

En la Tabla 4 se registró el análisis de algunas ayudas técnicas existentes y disponibles en el mercado (nacional e internacional), las ayudas técnicas estudiadas son especialmente prótesis porque se consideró que era la mejor alternativa para los perros con amputación de una extremidad, ya que no comprometen la movilidad del miembro colateral y los productos estudiados no sólo son para caninos sino también para humanos pues se observó que dichos productos tenían elementos de diseño formales y funcionales interesantes que podían ser tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto. En el análisis se tuvo en cuenta el caso de estudio, las características formales de la ayuda técnica, las características funcionales y las tecnologías de fabricación.

Tabla 4. Análisis de algunos casos del estado de la técnica

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	FORMA	FUNCIÓN	TECNOLOGÍA
	Prótesis delanteras para paciente con deformación congénita en sus extremidades delanteras (Derby). <i>Fuente: La Vanguardia (2016). Derby, el perro con prótesis impresas en 3D que le salvaron la vida. Recuperado de: http://www.lavanguardia.com/natural/20160129/301763205924/perro-protesis-3d.html</i>	Diseño modo “bucle” inspirado en cómo giraban los hombros del perro. Geometría elíptica.	Es destacable que antes de las prótesis se utilizaba un sistema de tren para que el perro pudiera movilizarse pero no le permitía interactuar con otros perros y su movilidad era limitada, la preocupación por superar estos factores y dar una mejor calidad de vida al perro dio origen a las prótesis que se adaptan a los muñones de Derby y gracias al material polímero con base de goma que amortigua la marcha y permite un mejor agarre. Importante en este caso es que luego se diseñaron otras prótesis para el perro (las blancas de la imagen inferior) que le permitían tener una mejor postura y evitar posibles lesiones en la columna.	Uso de escáneres y software de modelado 3D. La pieza está impresa en 3D.

 USO DE FÉRULA ZAPATO 	Resultado de la tesis “Diseño de ortopedia para rehabilitación y adaptación para caninos” Autor: Jessica Alexandra rojas paredes Resultado de férula para pacientes con fracturas en las extremidades	El resultado formal se rige por la forma anatómica de la extremidad del animal, se trabajó bajo la teoría del biodiseño (biónica y biomecánica) y se obtuvo mediante escáneres 3D. Adicional a esto tiene aplicaciones gráficas que buscan cambiar el paradigma de implemento medico a accesorio.	Las férulas están fabricadas en dos parte que se sujetan con correas para que se adapte mejor al canino, además provee más comodidad para el canino ya que por el material escogido (polímero) pesa menos que los yesos que actualmente se les pone para corregir las fracturas.	Uso de escáneres y software de modelación 3D. Las piezas se imprimieron en impresoras 3D y posteriormente se recubrieron con textiles. No es claro cómo se logran las aplicaciones gráficas.
	Resultado de la tesis “Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina” Autor: Janeth Sindy Vargas	Esta propuesta está inspirada formalmente en las prótesis de humanos para correr. Cuenta con socket modelado a la medida de la extremidad y un soporte de aluminio con una curva que termina en una base de caucho. En este caso es interesante resaltar que aunque el	La función principal es permitirle al canino movilizarse de manera más cómoda y segura pues él ya se movilizaba utilizando sus muñones pero esto conllevaba a lesiones que le generaron deformidades en el extremo de los muñones y se le dificultaba más la marcha.	La prótesis se fabricó con procesos tradicionales. Se sacó un molde de yeso de las extremidades del perro y mediante un vaciado se obtuvo el molde con el que se termoformó el polímero del socket.

		autor manifiesta que la prótesis funcionó correctamente luego una entidad especializada le hizo al perro unas nuevas prótesis (de color negro en las imágenes) que tenían unas bases rectas, tal vez los soportes con ese tipo de base funcionan mejor en estos casos pero no hay nada que lo demuestre.		Para la parte de aluminio doblaron las láminas en un taller mecánico. Posteriormente se unieron los elementos y se le dieron acabados finales.
	Este es el tipo de dispositivo con ruedas son los que se puede encontrar con más facilidad en el mercado, son utilizados cuando las dos extremidades no presentan movilidad o han sido amputadas. En este caso Daffodil nació con una deformidad en las patas delanteras, en vez de estas tenía dos muñones. <i>Fuente: La</i>	Se trata de elementos con ruedas que soportan el cuerpo, en este caso la parte delantera. Es una prótesis que cuenta con una parte hecha a la medida que utiliza ruedas y tubos para que el perro pueda moverse. En este caso la forma no es relevante pues el principal objetivo es funcional.	Esta perra logró desplazarse de un lugar a otro a pesar de su condición, sin embargo no podía realizar otras actividades como correr y socializar con otros caninos, su actividad física era muy limitada. Con este sistema el canino alcanza el principal objetivo que es lograr movilizarse con total libertad en la posición adecuada. Por el tipo y el tamaño de las ruedas tal vez se tengan restricciones en algunos terrenos.	Como en varios casos anteriores, el dispositivo fue diseñado y construido por OrthoPets. Primero se sacó un molde a medida con yeso y luego se generó la parte que va en el cuerpo del perro con fibra de vidrio. A esto se le adicionó el sistema

	<i>Vanguardia. (2016). La emotiva historia de Daffodil, el cachorro sin patas que nadie quería. Recuperado de: http://www.lavanguardia.com/natural/heroes-villanos/20160712/403113372014/perrita-deformacion-protesis-patas-delanteras-hospital-san-francisco.html</i>			construido con tubos y ruedas, materiales muy accesibles. Las correas ajustables también están presentes en este diseño.
	Nakio perdió parte de sus cuatro extremidades por congelamiento. Se le diseñó una prótesis para cada pata, en este caso el perro perdió sólo una pequeña parte de la pata lo que facilita la sujeción de la prótesis. Fuente: <i>OthoPets. (n.d.). Recuperado de: https://orthopets.com/ab</i>	Estas prótesis también fueron diseñadas por OrthoPets, formalmente son elementos sólidos que imitan la estructura ósea y muscular de las patas del canino y en la extremidad cuentan con un elemento, que parece ser en goma, que extrae elementos estéticos de esta parte de las patas	Este perro también podía movilizarse antes de tener las prótesis. Lo interesante es que parece ser que permiten un pequeño movimiento que simula una articulación en las prótesis traseras, lo que mejora notablemente la movilidad del canino en comparación con otras prótesis.	Para realizar las prótesis primero se hicieron moldes a la medida. Las prótesis se hicieron por impresión en fibra de vidrio.

	<i>out-us/orthopets-in-the-news/nakio-four-legged-prosthetic-dog/</i>	pero es de un tamaño mayor a estas para darle al perro más estabilidad.		
	De este caso no se tiene mucha información pero es una alternativa de movilidad para perros con amputación en una extremidad que no es muy común. Fuente: Diaz, D. (n.d.). 20 valientes mascotas con una segunda oportunidad de vida. Recuperado de: https://www.recreoviral.com/animales/animales-que-tuvieron-una-segunda-oportunidad-de-vivir/	El dispositivo se compone de lo que parece ser un chaleco al que se le fija una rueda. La sujeción del dispositivo al animal se da por el chaleco y no directamente al muñón.	Es una solución de movilidad que posiblemente le impida al canino realizar otras actividades como echarse. Cabe resaltar que debido a que la lesión se encuentra en la parte delantera, tiene menos limitaciones que si se encontrara en la trasera, si este fuera el caso posiblemente no podría realizar actividades como la de sentarse.	Es una prótesis diseñada por OrthoPets por lo que posiblemente se utilicen los mismos materiales y técnicas de producción que en los casos anteriores.
	En este caso el canino perdió su extremidad delantera en un accidente. La prótesis es un resultado de	Formalmente es una de las prótesis con más piezas que se ha visto hasta el momento en esta revisión bibliográfica y	Lo más interesante de esta prótesis es que integra piezas articuladas que le permiten al perro acercarse a la simulación de los movimientos naturales. No se ven correas de	La pieza está pensada en fibra de carbono o aluminio, sin embargo, la que se ve en la foto está

	académicos de la Universidad del Valle de México. <i>Fuente: Unocero. (2016). Ella es Romina, la primera perrita en usar una prótesis impresa en 3D en México. Recuperado de: https://www.unocero.com/noticias/ciencia/ella-es-romina-la-primera-perrita-en-usar-una-protesis-impresa-en-3d-en-mexico/</i>	como en casos anteriores, respeta e imita la geometría la pata del perro (delantera).	sujeción como en diseños anteriores y no es claro cómo la pieza se mantiene en el muñón del canino cuando se realice la marcha. Una de las características principales de esta prótesis es que las piezas se pueden adaptar según el tamaño del perro.	impresa en 3D y cumple con los requerimientos técnicos planteados.
	Estos son los únicos casos encontrados en nuestro contexto (Cali), es el desarrollo de estudiantes de ingeniería biomédica y mecánica de la universidad Autónoma de Occidente de Cali. <i>Fuente: Universidad Autónoma de Occidente. (2016). Ingenieros Autónomos aportan a la salud de las mascotas. Recuperado de: http://www.uao.edu.co/noticias/ingenieros-autonomos-aportan-la-salud-de-las-mascotas</i>	Se puede apreciar que no existe mayor desarrollo en la parte estético - formal de las prótesis, el desarrollo se da más desde la parte funcional. La prótesis para la amputación de extremidad parecer ser rígida y con un sistema de sujeción poco desarrollado (en comparación con los anteriores)	En la parte funcional es evidente el poco desarrollo en este campo que existe en nuestro contexto. Si bien la silla de ruedas permite movimientos articulatorios que facilitan la realización de actividades para el perro, la prótesis para extremidades es rígida y sólo cumple con el objetivo de movilidad.	No se especifica qué tipo de tecnologías usaron, se infiere que se utilizaron procesos de impresión 3D y procesos de transformación mecánicos.

				
	Esta es una prótesis fabricada por Animal Orthocare para casos de ruptura del tendón tarsiano de Aquiles, que aunque no es un dispositivo que se utiliza en casos de amputación, tiene aspectos funcionales interesantes. <i>Fuente: Animal OrthoCare. (n.d.) Custom tarsal (ankle) brace. Recuperado de: https://animalorthocare.com/products/custom-tarsal-ankle-brace?variant=2933218213915</i>	Por la función que deben cumplir este tipo de dispositivos, la forma va a la medida del miembro, en la articulación se puede apreciar una abertura y una pieza articulada que mantiene unidas las dos partes de la órtesis	Como se pudo observar en otras prótesis, la sujeción en este caso se da por correas. El caso de la pieza que articula la órtesis es muy interesante funcionalmente, pues, no solo permite el movimiento articular si no que permite graduar el ángulo necesario en cada caso desde la misma pieza.	No se especifica el material del que está hecho la prótesis ni los procesos de fabricación, parecen ser mecánicos.

	Edward es un pug que nació sin una de sus extremidades traseras y es uno de los primeros perros en Australia a los que se les adaptó una prótesis de extremidad. Su prótesis fue diseñada por el fundador de OrthoPets, en USA. <i>Fuente: Daily Mail. (2012). The peg-legged pug: Dog who's learning to walk again after he was fitted with a prosthetic. Recuperado de: http://www.dailymail.co.uk/news/article-2217972/Pug-whos-learning-walk-fitted-prosthetic.html</i>	La forma de la prótesis consta de un soporte recto y fijo, sin ningún tipo de movimiento articular. La base es más ancha que el soporte para dar más estabilidad y soporte al perro.	En cuanto a la función, se debe rescatar la banda elástica que se instaló con el fin de que el perro aprendiera a llevar el muñón hacia adelante y así lograr que la prótesis funcionara. También que la prótesis se sujeta por medio de un arnés que utiliza todo el cuerpo como estructura de apoyo.	No se sabe a partir de qué procesos se fabricó la prótesis y los materiales utilizados, se alcanza a percibir que el acople y la base de la prótesis son polímeros.
---	---	---	---	--

	Lucy, una rottweiler de 10 años (el caso de perro con edad más avanzada encontrado) que perdió su pata trasera para evitar la propagación del cáncer. Es una paciente de California Animal Rehabilitation (USA). <i>Fuente: California Animal Rehabilitation - Lucy tries her prosthetic leg [video]. Recuperado de:</i> https://www.youtube.com/watch?v=ETHDII08Z8Q	Esta prótesis no tiene soporte recto sino una cinta que se curva en la base, parecido al caso de Derby. La prótesis solo se compone de dicha cinta y la parte del acople.	El sistema de sujeción también es por medio de un arnés que se sujeta a todo el cuerpo. No se puede apreciar muy bien la forma de la parte del acople, pero parece que se sujeta al muñón por medio de correas. En cuanto a la cinta, la forma curva funciona como amortiguador cada vez que se apoya la pata de nuevo y permite una mejor postura del perro.	Los materiales se desconocen. Parece que la cinta está hecha de algún metal y el acople está recubierto con textil.
---	---	--	--	--

	Es un producto fabricado en Mexico para Rex, un chihuahua que nació sin sus patas delanteras. <i>Fuente: Ruary videos. (2016). Prótesis con impresión 3D Chihuahua [video]. Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=F6hM3LpNvR0</i>	La silla de ruedas de Rex consta de dos partes. El acople, fabricado a medida y que sólo ocupa la parte baja del torso; y las ruedas que tienen un gran tamaño, en comparación a otros dispositivos revisados.	El acople parece estar sujeto por medio de correas sobre el torso, durante el movimiento parece que la silla se mueve un poco y que necesita de otra sujeción. Por otro lado, las ruedas de gran tamaño dificultan el movimiento del perro, esto puede ser una limitante en sus actividades.	El acople está conformado por dos materiales. Un molde de yeso hecho a medida y forrado con algodón para evitar lesiones; y una parte impresa 3D de la que se desconoce si fue hecha a medida o no. Las ruedas también fueron impresas en 3D
	El Infinite TT es un sistema de socket moldeado, modular y ajustable personalizado para casos de amputación en humanos. Se revisó este producto por el aporte formal y funcional del socket. <i>Fuente: LIM Innovations. (2016). LIM Innovations introduces the Infinite TT [video]. Recuperado de:</i>	A diferencia de los sockets comunes, este no es completo, es decir, está compuesto por secciones que se ajustan al muñón.	Las secciones están diseñadas para dar apoyo en las partes del socket donde se genera más presión y se ajustan al muñón por medio de una correa. Esto hace que el socket o acople no tenga que ser fabricado a la medida de cada paciente.	El marco está fabricado en termoplástico de fibra de carbono y piezas de textil.

	https://www.youtube.com/watch?v=Sij0mpwP2YI			
	“En marcha” es un proyecto realizado por un estudiante de la Universidad ICESI (Cali) que dio como producto una prótesis económica y de rápida fabricación. <i>Fuente: Colombia.inn. (2014). Colombiano desarrolla prótesis económicas en 3D a partir de almidón de maíz. Recuperado de: http://colombia-inn.com.co/colombiano-desarrolla-protesis-economicas-en-3d-a-partir-de-almidon-de-maiz/</i>		Lo que más llamó la atención de este proyecto fue el proceso de fabricación que inicia con la introducción de unos datos al programa de modelado y este último actualiza las dimensiones de la prótesis según lo requerido por el paciente. Posteriormente se procede a imprimir la prótesis.	Esta impresa en 3D en plástico derivado del almidón del maíz (PLA), lo que reduce los gastos de producción.

Se manifiesta y se corrobora en la revisión del estado de la técnica que la movilidad es una necesidad que se suple con elementos fabricados de manera técnica y artesanal, con los materiales que se tienen al alcance y se da prioridad a la parte funcional sobre la estética, tienen la finalidad de soportar el peso antes de responder a una forma en concreto u otro tipo de funcionalidad. En algunos casos utilizan geometrías elípticas y las más comunes son prótesis diseñadas a partir de la anatomía del canino o las que se inspiran formalmente en las prótesis para extremidades inferiores humanas. Muchas de las prótesis se sujetan al muñón del canino cuando la amputación no es alta, otras se sujetan por medio de chalecos y arneses ya que es imposible realizar la sujeción en el muñón por tratarse de una amputación completa. Como se mencionó antes, en muchas de estas prótesis prima la funcionalidad de dar apoyo antes que la forma, por eso la exploración formal en algunos casos es básica. Las prótesis analizadas logran el objetivo de permitir al canino desplazarse de un lugar a otro, pero sólo en un desarrollo en el que se implementaron algunas articulaciones, se mostró la preocupación de abarcar necesidades que van más allá de la de movilizarse. Se pudieron observar en videos de YouTube algunos casos en donde el camino hacía uso del producto y se evidencia cómo al no ser una prótesis articulada sino un elemento de apoyo, el perro debe hacer movimientos anti naturales en el momento de la marcha, lo que le puede ocasionar lesiones.

Casi todos los desarrollos analizados implementan en su fabricación tecnologías como la impresión 3D y los moldes a medida hechos convencionalmente con yeso. Otros desarrollos involucran el scanner 3D.

En el caso de las prótesis para humanos analizadas, se destacan las nuevas propuestas formales de socket que permite diseñar prótesis adaptables y no diseñadas a la medida de cada paciente y las metodologías de diseño paramétrico para reducir el tiempo y los costos de fabricación.

11. Planteamiento del problema

La calidad de vida puede ser medida desde aspectos subjetivos y objetivos, en el caso de los caninos se puede valorar desde aspectos objetivos que determinan su bienestar, como su salud física y psicológica. Debido a que la calidad de vida del canino depende su bienestar, el bienestar es un aspecto a satisfacer si se quiere garantizar la calidad de vida. El bienestar animal implica suplir las necesidades básicas de los animales para alcanzar estados de salud física y mental adecuados y puede ser evaluado a través de diferentes indicadores que reflejan el estado del bienestar del animal a través de valores positivos y negativos.

Se puede afirmar que la falta de una extremidad en un canino afecta la satisfacción de sus necesidades básicas, como las de salud y condiciones etológicas, es por esto que en un canino en condición de discapacidad por pérdida de extremidad puede verse vulnerado su bienestar, pues la discapacidad compromete su estado físico y mental si no se trata de manera apropiada. La necesidad principal que se ve afectada por la pérdida de una extremidad está relacionada con la movilidad, cabe resaltar que los caninos se adaptan fácilmente a esta condición y pueden llegar a desplazarse de manera autónoma, pero debido a la redistribución y compensación del peso que deben hacer para lograr un equilibrio en su cuerpo a la hora de desplazarse y el incremento del esfuerzo necesario para hacerlo, desplazarse en esta condición representa riesgos para su salud, estos riesgos tienen implicaciones principalmente en su estructura corporal, lo que afecta especialmente la columna vertebral produciendo alineaciones anormales o lesiones. Así pues, los caninos amputados logran movilizarse de manera eficaz, es decir de manera autónoma, pero ya que no se tienen en cuenta dichos factores de riesgo, desde el punto de vista de la salud del canino, éste no logra movilizarse de manera eficiente. La salud física del canino se ve expuesta por la existencia de estos riesgos y esto se ve reflejado en que su bienestar se ve afectado por valores negativos en indicadores de la salud física como condición corporal, signos patológicos, niveles de actividad, movilidad, entre otros; al verse limitadas las actividades físicas debido al aumento del gasto energético requerido para realizarlas, se puede ver también afectado su estado de salud emocional, pues dichas actividades promueven relaciones con sus dueños y otros perros necesarias para la salud del animal. Las afectaciones en la salud física y emocional influyen directamente en el bienestar animal.

Se escogió trabajar con perros mayores de 1 año de edad que hayan perdido su extremidad y requieran de una prótesis porque son caninos que ya han culminado su etapa de crecimiento y requieren de una prótesis definitiva, también porque cuando la amputación es adquirida, generalmente se realiza una amputación alta y para estos casos existen pocas alternativas de prótesis en comparación a las existentes para casos en los que la amputación no es alta, la principal razón de esto es que la sujeción de la prótesis se da con más facilidad en el último caso y esto influye en la adaptación del canino a la prótesis, la prevención de lesiones y la funcionalidad de la misma. Cuando un canino pierde una extremidad existen diferentes caminos a tomar. Se le puede adaptar una prótesis importada que puede rondar los 1350.00 dólares sin gastos de envío (OrthoPets, n.d.-b); las prótesis que se comercializan en el exterior son, generalmente prótesis con altos niveles de desarrollo funcional y ergonómico, esto quiere decir que son desarrollos que le permiten al canino desplazarse con mayor facilidad y se adaptan a cada caso para evitar lesiones y así alcanzar la movilidad eficiente, pero por ser productos importados, las prótesis son costosas. Además, existen complicaciones al acceder a prótesis que son diseñadas a distancia, pues ponen la salud del canino en riesgo, ya que si no se le pone la prótesis adecuada o de manera correcta al canino, éste puede sufrir de dolor crónico o lesiones. La fisioterapeuta veterinaria Angélica Urrea corrobora que ha tenido casos en los que se ha optado por importar dispositivos ortopédicos para sus pacientes en Cali, y que han tenido que desecharlos porque no suplen las necesidades ergonómicas del perro y terminan por causarle lesiones o porque a pesar de ser veterinaria, en algunos casos los formularios no se interpretan de la manera correcta y el producto que llega no suple las necesidades funcionales y ergonómicas esperadas; un caso parecido es el de una prótesis adaptada a Romina, un perra en México, la prótesis fue comprada en Estados Unidos y debido a que no era una prótesis articulada y no estaba hecha a la medida, Romina no pudo adaptarse a ella y terminó por causarle lesiones al muñón que le impedían apoyar la pata cuando usaba la prótesis, finalmente la prótesis tuvo que ser desechada y se le diseñó otra (Unocero, 2016).

Cuando el dueño se ve en la imposibilidad de importar prótesis se abren tres opciones para los caninos. La primera opción es tomar la decisión de sacrificar al canino si se cree que su calidad de vida va a ser muy baja en estas condiciones. Como segunda alternativa, se le adaptan prótesis que no son especializadas y que en la mayoría de los casos sólo suplen la necesidad de desplazamiento o incluso sólo sirven de apoyo y no se evalúan otros posibles riesgos para el

animal, estas son alternativas más económicas en comparación con las que son importadas, pero cuando se adaptan prótesis que sólo tienen en cuenta el componente funcional o sólo sirven de apoyo, se expone al canino a sufrir dolores crónicos por el uso de la prótesis e incluso a realizar movimientos o adoptar posturas que generen futuras lesiones; en algunos casos el canino ni siquiera termina por apoyar la pata cuando tiene puesta la prótesis por lo que la prótesis termina sin cumplir alguna función. Finalmente, se puede tomar la decisión de no adaptarle ningún dispositivo al canino pero las posturas que el canino adopta debido a la compensación de peso que debe realizar y el incremento de esfuerzo para realizar actividades, pueden limitar su actividad física y presentar riesgos en su salud física a corto o largo plazo, como lesiones.

Para que un canino con amputación logre movilizarse de manera eficiente por medio del uso de prótesis ésta debe estar diseñada a su medida, lo que quiere decir que debe adaptarse a las necesidades y anatomía de cada canino y a las características de su muñón; se debe tener en cuenta también para la movilidad eficiente el componente funcional que se refiere al que tiene como objetivo permitir la movilidad del canino y el componente ergonómico que evalúa los factores de riesgo a los que puede conllevar el uso de dicha prótesis con la finalidad de reducirlos, por otro lado, se debe considerar el componente económico que busca desde los procesos de producción reducir costos para generar alternativas más económicas en comparación a la alternativa de importación. Se observó que en Colombia no existe ninguna alternativa que contemple estos tres componentes, en la mayoría de los casos se suplente el componente funcional pero no el ergonómico y/o el económico. Exponer al canino al uso de prótesis que no son personalizadas y no contemplan sus necesidades más allá de las de desplazamiento, o al desuso de éstas porque no logran adaptarse, trae consecuencias en la salud física del canino que terminan por afectar su calidad de vida.

Para los dueños de mascotas, cualquiera de los casos expuestos con anterioridad son situaciones preocupantes y dolorosas que afectan de una u otra manera la salud del canino de forma negativa y por ende su calidad de vida. Dada la importancia que tiene el canino para su dueño, percibir que su mascota siente dolor o requiere de más esfuerzo para realizar ciertas actividades lo conducen a pensar que su compañero no se encuentra bien y que su nivel de calidad de vida es más bajo. Alrededor de la discapacidad del canino se tejen otras dinámicas que influyen en su dueño, como el hecho de no poder realizar actividades que hacían juntos o sentir

un grado más alto de dependencia del animal hacia él. Estas situaciones o finalmente tomar la decisión de sacrificar a su compañero, influyen directamente en el bienestar mental del dueño del canino perjudicando su calidad de vida también. La amputación de extremidades en caninos si no se trata de manera correcta, no sólo representa entonces un riesgo en la salud del canino a la hora de moverse que termina por afectar su calidad de vida, sino que también afecta la de su dueño o dueños.

Surge entonces la necesidad de no sólo permitir la movilidad de los caninos en condición de discapacidad por amputación de una extremidad, sino permitirles hacerlo de manera eficiente para poder aumentar su bienestar. Para el veterinario Henry de J. Palacios, es más traumático para un perro perder una extremidad posterior ya que con estas el perro se impulsa y es más difícil reemplazar dicha extremidad por la anatomía de la pata. Se escogió trabajar con amputaciones de miembro posterior, porque, visto desde el concepto de movilidad eficiente, son las que proporcionan propulsión al movimiento y pueden aportar más a que la movilidad eficiente se presente. Y se tomarán como muestra los que se desenvuelven en un contexto urbano por el rol que ocupan en las familias de dicho contexto, diferente a las familias del contexto rural, teniendo en cuenta que los dueños de estos caninos requieren alternativas más económicas que la de importar una prótesis.

12. Problemática

¿Cómo alcanzar los valores positivos de los indicadores de bienestar animal del canino mayor de un año de edad con amputación de extremidad posterior que se desenvuelven en un contexto urbano a través del uso de ayudas técnicas funcionales, ergonómicas y económicas que le permitan lograr la movilidad eficiente?

13. Justificación

No existe una cifra exacta sobre la población canina en Colombia. En el censo realizado en el 2005 por la Secretaría Distrital de Salud (SDS) de Bogotá, se registraron incrementos anuales del 5% en promedio, pasando de 599.621 en 1999 a 775.631 en 2005, cifras que incluyen las poblaciones con “dueño” y “callejera” de Bogotá. En el 2005 la población humana era de 6.840.116 lo que indica que para ese momento existía una relación de un perro por cada nueve personas. En el último estimativo realizado en 2013 en Bogotá, la población de perros fue de 935.374, esto quiere decir que la relación numérica es mucho más estrecha: existe un perro por cada 7,87 personas (Aguilar, 2017, p.4). Los últimos datos arrojados por Euromonitor International (2013), registraron que dentro de la población de mascotas habían 4.250.000 perros en Colombia para ese año, esto sin contar los perros callejeros. La Organización Mundial de la Salud estima además, que para ese mismo año, en países sub desarrollados la cifra ascendía a dos perros por cada cinco habitantes (Vargas Sánchez, 2014, p.25). En el 2015, Fenalco estimó que en Colombia la tercera parte de los hogares tenía una mascota y que en el 69% de estos casos es un perro (Ávila, 2016).

Hasta donde se tiene censo, es evidente que la población canina aumentó con el pasar de los años y paralelo a esto, en Colombia, en el 2016 se reconocieron los derechos de los animales por medio de la ley 1774, ya no son vistos como objetos, sino como seres vivos con necesidades que deben ser satisfechas para alcanzar su bienestar. En el ámbito doméstico los hallazgos muestran que los animales de compañía son aceptados no sólo como cercanos a las sociedades humanas, sino como miembros de ella a través de la unidad familiar -práctica cultural-; de acuerdo con la última encuesta realizada por la Asociación Americana de Medicina Veterinaria (AVMA), la consideración de las mascotas como miembro de la familia en los Estados Unidos va en aumento, pasando del 46,9% en el 2001 al 63,2% en el 2011 (Aguilar, 2017, p.2). La concepción de los caninos como seres con derechos y miembros de la familia reafirma la importancia de dichas mascotas para sus dueños y la necesidad de éstos de velar por que sus compañeros lleven una buena calidad de vida.

La calidad de vida y el bienestar en los perros que se encuentran en condición de discapacidad por amputación de extremidad se ve vulnerada por la presencia de riesgos a su salud física y psicológica a la hora de movilizarse. A nivel nacional se pueden encontrar con

mucha facilidad y a precios asequibles variedad de accesorios, alimentos, lugares para el cuidado estético, espacios diseñados para compartir con las mascotas como restaurantes y parques, entre otros; pero implementos como los ortopédicos son escasos y en muchos casos no satisfacen de manera adecuada las necesidades funcionales y ergonómicas del canino por lo que ocasionan afecciones en su salud como lesiones que pueden darse a corto o largo plazo. Pese a la importancia que cada día parecen tomar los animales y más específicamente los caninos en los hogares colombianos, campos como el relacionado con la salud aún siguen teniendo un desarrollo muy limitado en el país por lo que se recurre a la importación de prótesis, lo que supone además un incremento en su precio. El desarrollo de ayudas tecnológicas que mejoren la condición de movilidad de los caninos es importante porque afecta de manera directa su salud y contribuye a que el canino tenga bienestar y por ende lleve una mejor calidad de vida.

La principal necesidad que se ve afectada por la pérdida de extremidad es la necesidad de movilidad. Desplazarse de manera incorrecta conlleva a lesiones y afecta el desarrollo de las actividades que el canino realiza, pues el gasto energético para realizarlas aumenta, dentro de dichas actividades están las que responden a la necesidad de los caninos de interactuar ya sea con otros animales o personas y esto se verá reflejado en la salud psicológica del canino. Este proyecto tiene como propósito permitirle a los caninos con amputación de extremidad movilizarse de manera eficiente por medio del uso de prótesis, lo que al final se traduce en disminución de riesgos para la salud y mejoramiento en la calidad de vida de los caninos; para abarcar esta necesidad que crece a medida que se reconocen los derechos de los animales, lo primero que debe hacerse es generar desarrollos nacionales que estén al nivel de las prótesis que actualmente se importan.

Por medio de este proyecto se busca además desde el diseño industrial, apoyado por especialistas veterinarios, aportar al desarrollo de la ortopedia canina en Colombia. Es un proyecto que, además de permitir el trabajo interdisciplinar tan característico del área de diseño con otras áreas como la veterinaria por medio de asesorías durante el proceso de diseño e investigación, se recurre al diseño industrial para abarcar necesidades que van más allá de las humanas y contribuir a mejorar la calidad de vida de seres que a veces se dejan al margen de los desarrollos tecnológicos.

14. Objetivos

Objetivo general

Alcanzar los valores positivos de los indicadores de bienestar animal desde el marco de la salud física del canino mayor de un año de edad con amputación de extremidad que se desenvuelven un contexto urbano por medio del uso de ayudas tecnológicas con las que el canino logre movilizarse de manera eficiente.

Objetivos específicos

- Caracterizar las condiciones de movilidad del canino con amputación de extremidad relacionadas con su salud física.
- Analizar la información relacionada con las condiciones de movilidad que afectan la salud física del canino con amputación de extremidad.
- Diseñar una ayuda tecnológica de reemplazo adaptable, funcional, ergonómica y económica con la que el canino pueda movilizarse de manera eficiente.

15. Metodología

Caracterizar de las condiciones de movilidad del canino con amputación relacionadas con su salud física.

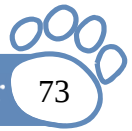
- Reconocer las amputaciones de extremidad en los caninos.
- Identificar los trastornos físicos en el canino al momento de moverse sin una extremidad.
- Identificar los factores de riesgo en la salud física producto de los trastornos que conlleva moverse sin una extremidad.
- Distinguir la estructura anatómica y articular de cada extremidad.
- Realizar una evaluación de movimiento al canino con amputación de extremidad.

Analizar la información relacionada con las condiciones de movilidad que afectan la salud física del canino con amputación de extremidad.

- Comprender la procedencia de cada riesgo en la salud física del canino con amputación cuando se mueve.
- Detectar las condiciones específicas del tipo de amputación a tratar.
- Agrupar las necesidades de adaptabilidad, funcionalidad y ergonomía del canino con amputación que se presentan a la hora de moverse.
- Clasificar a los caninos según sus medidas anatómicas.
- Formular requerimientos de diseño que respondan a las necesidades de funcionalidad, ergonomía y adaptabilidad que presenta el canino con amputación a la hora de moverse.

Diseñar una prótesis adaptable, funcional, ergonómica y económica con la que el canino pueda moverse de manera eficiente.

- Diseñar una prótesis con variables dimensionales que puedan ser adaptables para cada canino.
- Parametrizar las dimensiones anatómicas del miembro escogido.



- Diseñar una prótesis funcional que facilite el desplazamiento del canino con amputación.
- Diseñar una prótesis ergonómica con la que se reduzcan los riesgos en la salud física a la hora de movilizarse de un canino con amputación.
- Seleccionar alternativas de procesos de fabricación que reduzcan el costo de la prótesis final.

16. Trabajo de campo

El diseño de la prótesis está proyectado para adaptarse a cualquier canino por medio de un diseño parametrizado, es decir, la prótesis no está diseñada para un tipo de perro en específico sino que cuenta con variables de diseño que se adaptan a la necesidad y anatomía de cada perro. Para el desarrollo de la propuesta se optó por trabajar con un caso de estudio y a partir de dicho canino generar la propuesta de diseño.

El canino escogido es una perra pinscher de 10 años de edad con amputación de extremidad alta en el miembro posterior izquierdo. Su nombre es Luna y su amputación fue realizada en Julio del 2015.

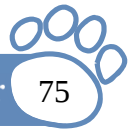
16.1. Evaluación de movimiento en canino amputado

Se realizó una evaluación de movimiento preliminar para identificar los trastornos físicos en el canino cuando se encontraba en un estado estático y dinámico. En la evaluación estática y en la evaluación dinámica se observaron afectaciones que representan valores negativos en indicadores de bienestar animal (en la dimensión de salud física) como actitud corporal, movilidad, niveles de actividad y condición corporal (postura).

16.1.1. Evaluación estática

En la evaluación estática se registraron los trastornos evidenciados en las posturas adoptadas por el canino cuando se encontraba parado. Los registros fueron realizados por medio de fotografías.

Durante la evaluación estática se pudo observar que la mayoría del tiempo la perra adquiere una postura anormal que le ayuda a compensar el peso y le da más estabilidad. Esta postura inadecuada es más notoria cuando se encuentra en terrenos irregulares, en la Figura 16 se puede observar como la perra, en busca de un punto de equilibrio, apoya las falanges cerca de la línea del plano sagital medio del cuerpo, lo que hace que el aplomo del miembro posterior no conserve su posición correcta (línea blanca), no esté alineado sobre su propio eje y se generen angulaciones incorrectas en las articulaciones del miembro. Se puede observar cómo el miembro posterior, además de no verse alineado con el aplomo, tampoco está alineado con el miembro anterior, se puede ver una torsión sobre el eje del miembro que hace que las falanges no estén



alineadas con las del miembro anterior, sino que tienden a tomar una alineación perpendicular a éstas, esto es también una angulación y movimiento articular incorrecto en la articulación. El posicionamiento observado en la Figura 17 es otra posición que la perra adopta con frecuencia, es muy parecida a la posición descrita anteriormente pero en este caso se ve que las falanges no están en sentido al plano medio sagital sino, en sentido contrario a este.



Figura 16. Postura adoptada por el canino en condición estática

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Posicionamiento de miembro trasero en condición estática

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la Figura 16, la perra intenta realizar un trípode con sus patas delanteras y su pata trasera, la pata trasera en este caso es la que se ve más afectada pues la postura se da sólo a partir del posicionamiento del miembro, sin embargo, se pudo evidenciar otra postura que tiene el mismo objetivo de la anterior, realizar un trípode, pero se da de manera diferente. En el caso de la postura adoptada en la Figura 18, el trípode se da a partir de la incorrecta alineación de la columna, se puede observar cómo la perra ubica su pata trasera en un punto medio aproximado entre los puntos de apoyo de los dos miembros anteriores generando una curvatura en su columna (se puede apreciar mejor en la Figura 19 de la evaluación dinámica), en este caso el mayor trastorno no recae sobre el miembro, sino en la columna del animal.

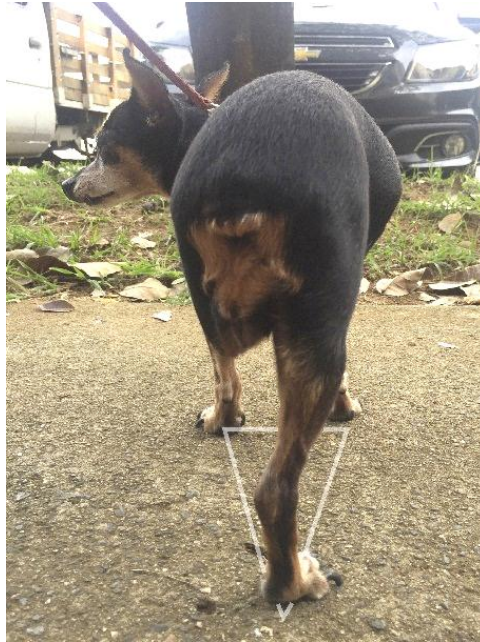


Figura 18. Postura de trípode adoptada por el canino en estática

Fuente: Elaboración propia

16.1.2. Evaluación dinámica

En la evaluación dinámica se registraron los trastornos evidenciados durante la marcha del canino, la velocidad de marcha correspondía a la velocidad que el canino empleaba en una caminata. Los registros se realizaron en video desde un plano superior, lateral y posterior, la velocidad de video es 0,25x para que se puedan apreciar mejor los trastornos físicos, todos los videos se pueden encontrar en los anexos (Anexo 1).



Figura 19. Vista superior de postura adoptada por el canino durante la marcha

Fuente: Elaboración propia



La Figura 19 corresponde a imágenes extraídas del video “Postura desde la vista superior”, en la imagen se puede observar como durante la marcha la perra busca un equilibrio por medio de la generación del trípod que se evidenció en la evaluación estática, desde esta perspectiva es notoria la curvatura que se genera en la columna por el posicionamiento de la pata trasera. La postura que la perra adopta en la imagen de la izquierda es la postura correcta que se debería adoptar en la marcha pues la columna se mantiene en línea recta y permite que los aplomos estén alineados correctamente, la perra adoptó esta postura al inicio de la marcha pero al cabo de unos segundos adoptó la postura de la imagen de la derecha en la que se ve el trastorno sufrido en la columna (línea roja), que como consecuencia impide que los aplomos del miembro posterior estén alineados con los de los miembros anteriores.

En la Figura 20, que corresponde a imágenes extraídas del video “Postura vista lateral 1”, se observan los trastornos evidenciados en el registro hecho desde un plano lateral. En la Figura 21 se puede ver la estructura anatómica correcta de un canino durante la marcha, se usó esta referencia para comparar los registros de Luna. Se observa que la perra realiza una sobre flexión y extensión del miembro posterior para impulsarse mejor y soportar el peso, y que estos movimientos hacen que la columna no se mantenga en la misma alineación durante la marcha, como en la Figura 21, sino que adopte diferentes alineaciones.



Figura 20. Posicionamiento durante la marcha desde vista lateral

Fuente: Elaboración propia



Figura 21. Biomecánica del canino durante la marcha

*Fuente: Elaboración propia con imágenes extraídas del video recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=VCfX8EW2A1w&t=259s>*

En el registro realizado desde el plano posterior se observaron los mismos trastornos encontrados y descritos en la evaluación estática, los trastornos se daban de manera alterna durante la marcha porque la perra reposicionaba el miembro constantemente en busca de un punto de equilibrio y compensación de peso. Este registro se puede encontrar en los videos de los anexos como “Postura vista posterior 1” y “Postura vista posterior 2”.

16.2. Entrevistas

Las entrevistas fueron realizadas a veterinarios con el fin de corroborar la información encontrada en la teoría y recopilar información adquirida desde su experiencia. Cada entrevista se realizó personalmente y fue registrada en audio. Los temas abordados en las entrevistas se pueden revisar en el Anexo 2.

Entrevista 1

La primera entrevista fue realizada al médico veterinario y zootecnista Henry de J. Palacio Cano, quien labora en el Centro Veterinario Tequendama. Lo siguiente es la recopilación de las respuestas y conclusiones dadas por el veterinario en base a los temas abordados en la entrevista.

- Los perros que tienen un trastorno neurológico o musculo esquelético pierden su movilidad, por lo regular sufren mucho por estas lesiones, algo muy frecuente son las parálisis. Cuando sufren estas lesiones por lo general empiezan a hacer un apoyo anormal, se ulceran y posteriormente sus heridas se infectan. Esto les duele y les molesta.

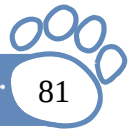
Cuando se llega al extremo de amputar una extremidad “esos animalitos vuelven a vivir” y logran rehabilitarse muy bien. “Cuanto le colocas una prótesis al principio es como un loco, no sabe qué hacer con eso o qué le hicieron y se caen, pero después andan perfecto y son felices otra vez. He visto estudios y trabajos hechos con estas prótesis y funcionan, se adaptan muy rápido”.

- Cuando están amputados empiezan a hacer un apoyo anormal y empiezan a forzar más el miembro colateral, entonces, tienen mucho desarrollo de masa muscular pero empiezan a tener problemas de tendinitis por la sobre carga sobre ese miembro y empiezan a tener lesiones a nivel de columna por la re distribución de peso. “Hemos amputado perros de razas grandes... que se recuperan bien pero si uno les pudiera ayudar con una prótesis sería mucho mejor”. Aunque se adaptan existe el riesgo de lesiones.
- La amputación del miembro posterior es más traumática para un perro porque tiene su punto de equilibrio en la parte de atrás, hacia la región lumbar, y “ellos se impulsan con las patas traseras y se estabilizan con las delanteras, entonces cuando pierden un miembro posterior es peor para ellos”. Es más fácil suplir la necesidad de los miembros delanteros por la forma anatómica de la pata.
- “No he visto casos en los que un perro no se adapte a una prótesis, la mayoría se adaptan súper bien”. Todos los perros son candidatos al uso de prótesis, si lo requieren. Los perros que no logran adaptarse, no lo hacen porque tiene problemas de comportamiento, son agresivos y de difícil manejo y no se puede hacer el proceso de rehabilitación correctamente. El perro por lo regular tiene una capacidad muy buena para recuperarse.
- No existe ningún estudio acerca de las medidas de los perros porque existen muchas razas y cruces de razas, y las dimensiones y proporciones pueden variar mucho. La biomecánica funciona igual en todos los perros.
- En el diseño de la prótesis influirían las dimensiones de la pata colateral y el peso del perro.
- Por lo regular todas las amputaciones adquiridas se realizan altas porque el perro tiende a apoyar el muñón y si se dejan largos, tienden a lacerarse e infectarse.

Entrevista 2

La segunda entrevista se le realizó a la veterinaria fisioterapeuta Angélica Urrea, quien tiene un centro de rehabilitación para animales y es una de las dos rehabilitadoras más referenciadas en la ciudad de Cali, pues no existen muchos centros de rehabilitación en la ciudad. Aunque la veterinaria manifestó no tener experiencia con las prótesis, su experiencia con las órtesis ayuda a analizar algunos aspectos que pueden ser similares en el caso de las prótesis. Lo siguiente es la recopilación de las respuestas y conclusiones dadas por la veterinaria en base a los temas abordados en la entrevista.

- “La experiencia que tengo con relación a las prótesis es muy poquita porque acá no hacen eso entonces tengo más experiencia con las órtesis y eso que apenas están entrando”. “Me parece muy bueno que se estén interesando, mas ustedes que son en realidad los que saben de materiales y todo porque uno puede saber mucho de la parte medica pero de eso no tiene ni idea de nada”. Se reciben muchos pacientes con amputación y “para nosotras ha sido muy difícil porque uno siempre quiere más para los perritos”. Actualmente se trabaja rehabilitando perros amputados pero sin prótesis ya que no existen en el mercado nacional e importarlas es muy costoso y riesgoso dado la experiencia que se ha tenido con las órtesis. Se ha trabajado mucho también con dispositivos para caballos de carrera.
- Todos los perros son candidatos a prótesis, “todo depende del estado de la musculatura”. Los perros jóvenes mayores de un año se adaptan con mayor facilidad porque son más ágiles. Si es obeso el proceso de rehabilitación es más lento. En el caso de las órtesis en un primer momento los caninos tienden a morderla si les duele o les incomoda, después de que se adaptan no presentan estos comportamientos a menos que les cause dolor.
- Entre más cómodo sea en acople y mejor sujeta este al cuerpo la prótesis el perro la va a asimilar como una unidad y el proceso de adaptación va a ser más rápido. El primer paso para la rehabilitación es dejarle el dispositivo puesto para que el perro lo asimile y después se procede a hacer el proceso rehabilitación en marcha. En los casos exitosos el canino no vuelve a sentir como externos los elementos que se le ponen, como las órtesis. Durante el proceso de rehabilitación también se debe preparar al perro para que su sistema neurológico reconozca la existencia de “otra pata”, este proceso se agiliza si el acople es muy bueno.



- Es importante el movimiento articular porque permite que el perro no apoye la prótesis en angulaciones incorrectas y esto previene futuras lesiones en el otro miembro. Cuando el perro no se siente bien apoyando una extremidad ejerce más presión sobre la extremidad colateral y esto también puede generar lesiones.
- Para las órtesis actuales se utiliza el neopreno, que si bien permite el movimiento de la articulación permite demasiada flexibilidad y no da soporte a la articulación. En otros casos, los materiales no permiten la sujeción de la órtesis al perro, en el caso de la órtesis para tórax, ésta se desliza cada vez que el perro se sienta o se para. La mala sujeción puede provocarle heridas al perro. Las órtesis que se utilizan en ese centro de rehabilitación son traídas de España y han tenido casos en se toman las medidas basados en los formularios que los fabricantes proporcionan y cuando la órtesis llega, las medidas no coinciden bien con el perro y han tenido que adaptar muchas de estas órtesis al perro nuevamente o desecharlas. Se manifiesta que es muy difícil mandar a traer estas órtesis porque los formularios pueden ser mal interpretados o porque es muy difícil especificar la necesidad latente de cada paciente.
- Hay diferentes estructuras anatómicas que pueden servir de guía para tomar las medidas del miembro colateral. Es importante tomar las medidas en la radiografía y en el animal. Es importante también evaluar el miembro colateral para ver si sus angulaciones están bien y se pueden tomar de referencia para la prótesis. Se debe tener en cuenta también que los ejes de la prótesis estén alineados con los ejes de la pata colateral y la alineación con el eje del cuerpo sea correcta, es decir que las patas estén paralelas entre sí.
- Las angulaciones de las articulaciones son diferentes en cada perro y es muy difícil estandarizarlas.
- En la fisioterapia cuando los pacientes son amputados siempre se trabaja en el miembro colateral porque en él recae todo el peso en ese momento. Cuando están en esta condición “tienden a meter la pata, cambian el ángulo de apoyo completo y eso también los puede afectar y durante el uso de la prótesis”.

16.3. Requerimientos de diseño

Los siguientes requerimientos fueron desarrollados a partir de la información recolectada en la investigación y las entrevistas realizadas a profesionales. Cada uno de ellos se estableció con la finalidad de definir parámetros en la propuesta de diseño que respondan a las necesidades específicas encontradas dentro de la problemática planteada y finalmente alcanzar los objetivos propuestos en el proyecto. Primero se procedió a elaborar el PDS para clasificar cada requerimiento según la necesidad del diseño y luego se justificaron desde el punto de vista de la necesidad que se buscaba satisfacer.

Tabla 5. PDS

PDS		
Tipo	Necesidad	Requerimiento
Funcionalidad	La prótesis debe ser funcional	R.1. Debe resistir el peso proporcional al peso del perro
		R.2. Debe permitir el movimiento natural de las articulaciones que componen la prótesis
		R.3. Acoplamiento de la prótesis en las diferentes posiciones del perro
		R.4. El peso de la prótesis debe ser proporcional a la constitución del perro
Materialidad	La prótesis debe realizarse en un material resistente las condiciones de uso y contexto	R.5. Debe ser resistente a las condiciones atmosféricas
		R.6. Debe ser resistente al impacto
		R.7. Durabilidad bajo condiciones de fatiga
		R.8. Debe cumplir condiciones de rigidez que no afecten la marcha
Ergonomía	La prótesis debe poder adaptarse a cada canino	R.9. Se debe facilitar la adaptación del acople al muñón de cada canino
		R.10. El diseño debe poder adaptarse a perros de diferente tamaño y peso
		R.11. Debe poder adaptarse a los diferentes niveles de amputación alta de cada canino
Producción	Los costos de producción bajos desde la accesibilidad	R.12. Debe poder fabricarse con las tecnologías disponibles en Colombia
Mantenimiento	El mantenimiento de la prótesis debe ser sencillo y económico	R.13. Las piezas dañadas deben poder reemplazarse con facilidad y en un tiempo moderado
		R.14. Debe ser fácil de limpiar
		R.15. Se deben utilizar piezas comerciales
Usabilidad	Debe retirarse y colocarse con facilidad	R.16. Debe retirarse y colocarse sin necesidad de herramientas adicionales



		R.17. Los puntos de amarre del soporte de la prótesis deben ser mínimos
Seguridad	La prótesis no debe causar daño a la salud física del canino durante su uso	R.18. No debe causar lesiones superficiales al animal en el punto de contacto del muñón y en la unión con el arnés
		R.19. La prótesis no debe deslizarse o moverse durante el uso
		R.20. Los amarres no deben lastimar los órganos reproductores del canino
		R.21. No debe inducir al canino a tomar posturas y movimientos anti naturales
Estético	La prótesis debe ser estéticamente agradable para el dueño del perro	R.22. Posibilidad de contar con diferentes opciones de color

Fuente: Elaboración propia

R.1. Debe resistir el peso proporcional al peso del perro

A pesar de que las razas de caninos se clasifican por tamaño, los pesos pueden variar mucho dentro de cada categoría, por esto se trabajará directamente con la variable del peso y no con dicha clasificación. La prótesis debe resistir el peso corporal que corresponde a la parte posterior del animal, basados en el centro de gravedad del mismo, es decir el 40%. Este requerimiento se da porque el perro debe conservar la simetría de su cuerpo y el aplomo de la prótesis debe ser paralelo al del miembro colateral, para esto el perro debe repartir el peso equitativamente entre los miembros anteriores, el miembro posterior y la prótesis; para que el canino pueda repartir equitativamente el peso, la prótesis debe proporcionar el soporte adecuado, debe resistir el peso sin que la estructura colapse o el material se fracture.

R.2. Debe permitir el movimiento natural de las articulaciones que componen la prótesis

Se debe buscar que el movimiento de la prótesis sea lo más natural posible, es decir, que se asemeje lo mejor posible al movimiento articular de la pata del perro. Permitir dicho movimiento se hace con el fin de que mientras el canino esté de pie o al momento de la marcha, no se generen movimientos o angulaciones inadecuadas cuando se apoya la prótesis que puedan causarle lesiones a corto o largo plazo. Proporcionar un movimiento natural permitirá también que el canino se adapte más fácilmente a la prótesis.

R.3. Acoplamiento de la prótesis en las diferentes posiciones del perro

El acoplamiento en las diferentes posiciones que adquiere el canino debe ser tenido en cuenta porque la prótesis no debe ser un limitante para que el perro desarrolle las diferentes actividades de su vida diaria. No debe dificultar que el perro adquiera posiciones de descanso o que se sienta incómodo con la prótesis en dichos momentos, si el perro se siente bien podrá estar con la prótesis la mayor parte del tiempo.

R.4. El peso de la prótesis debe ser proporcional a la constitución del perro

Así como la prótesis debe soportar el peso de cada canino, cada canino debe ser capaz de utilizar la prótesis sin que ésta le genere un peso adicional importante. Si la prótesis tiene mucho peso para el canino se le dificultará desplazarse con ella lo que conlleva a que lo haga de manera inadecuada (con la existencia de riesgos en su salud física) o que no logre adaptarse a su uso. Según Rodríguez (n.d, p.1) un miembro posterior corresponde al 20% del peso corporal por lo que la prótesis debe pesar menos del 20% del peso del canino.

R.5. Debe ser resistente a las condiciones atmosféricas

La prótesis debe ser resistente a las condiciones atmosféricas ya que dentro de las actividades más comunes que los dueños realizan con sus perros es salir a dar paseos y a espacios exteriores, en general, y la prótesis debe ser resistente a condiciones de temperatura, humedad y precipitaciones que se puedan dar en estos espacios porque es un producto pensado para usarse no sólo en ambientes interiores sino también en los exteriores.

R.6. Debe ser resistente al impacto

El material usado en la prótesis debe ser resistente al impacto porque las tareas a las que está sometida la extremidad son tareas de impacto, además, durante el uso la prótesis puede recibir golpes producto de actividades cotidianas que realiza el canino.

R.7. Durabilidad bajo condiciones de fatiga

Todos los movimientos que se requieren durante la marcha y el peso del canino son factores que desgastan el material. El material escogido debe tener especial resistencia bajo estas condiciones de fatiga para garantizar, bajo las condiciones de diseño, una durabilidad aceptable.

R.8. El material debe cumplir condiciones de rigidez que no afecten la marcha

El material debe tener la rigidez necesaria para no deformarse al momento de soportar el peso del canino cuando esté de pie o al momento de la marcha. Si el material se deforma, el perro no tendrá un buen apoyo, lo que provocará movimientos y angulaciones inadecuadas que se desencadenarán en lesiones físicas.

R.9. Se debe facilitar la adaptación del acople al muñón de cada canino

Uno de los elementos más importantes en el diseño de prótesis es la parte que se acopla al muñón. A pesar de que se definió trabajar con amputación alta, los muñones son diferentes en cada canino por su forma y la altura a la que es realizado, debido a esto, es necesario que el acople se haga a la medida de cada perro. Si el acople no se realiza a la medida del canino puede sufrir laceraciones y estar incómodo mientras usa la prótesis, lo que no permitirá que se adapte a ésta.

R.10. El diseño debe poder adaptarse a perros de diferente tamaño y peso

Uno de los factores que dificulta el diseño de prótesis para perros y eleva los costos es que cada perro es diferente y hasta ahora las prótesis revisadas en el estado del arte, se han hecho a la medida del perro que la necesita. Coren (2013) citado por Romero (2016, p.36) afirma que la Organización Mundial Canina reconoce la existencia de 339 razas de perros sin contar los cruces que se puedan dar entre las diferentes razas y cada raza posee unas características anatómicas diferentes, por lo que el diseño de la prótesis debe poder adaptarse a cada canino contemplando las variables de tamaño y peso de cada uno sin tener la necesidad de hacer un diseño especial para cada paciente y que dicho diseño (adaptado para cada caso), pueda ser utilizado por diferentes pacientes.

R.11. Debe poder adaptarse a los diferentes niveles de amputación alta de miembro posterior de cada canino

Aunque existen niveles de amputación del miembro pelviano ya establecidos, la altura en la que se realiza la amputación puede variar de perro a perro, por lo que es importante que la prótesis pueda adaptarse a cada nivel dentro de los considerados en la amputación alta para contribuir a un acople correcto de la prótesis al canino, brindar más estabilidad y seguridad en su

salud física al momento del uso. Este requerimiento se diferencia del requerimiento nueve porque en el requerimiento nueve se hace referencia al acople de la prótesis con el muñón y en este requerimiento se hace referencia a la distancia que existe entre este acople y la articulación de la rodilla, esa distancia varía según la altura a la que se realiza la amputación.

R.12. Debe poder fabricarse con las tecnologías disponibles en Colombia

Una de las causas por las que las personas no adquieren prótesis para sus perros son los elevados costos que tienen debido a que no se encuentran en el mercado nacional. Que la prótesis pueda fabricarse con tecnologías existentes en Colombia ayuda a reducir costos de producción y proporcionar una alternativa más económica al dueño de perro. Con esto también se espera poder producir la prótesis en plazos cortos y dar una respuesta más rápida y eficiente en caso de necesitar alguna reparación.

R.13. Las piezas dañadas deben poder reemplazarse con facilidad y en un tiempo moderado

Además de fabricarse con tecnologías disponibles en Colombia, un diseño que permita reemplazar piezas deterioradas o dañadas con facilidad sin necesidad de reemplazar toda la prótesis representa una ventaja económica y alarga la vida útil de la prótesis.

R.14. Debe ser fácil de limpiar

Ya que la prótesis estará expuesta en espacios exteriores puede ensuciarse o incluso contaminarse con orina o popo de perro, los dueños deben poder limpiar la prótesis ellos mismos sin mayor dificultad, además, el material debe resistir estos procesos de mantenimiento para mantener el producto en buen estado y que la contaminación de la prótesis no genere algún riesgo para la salud del canino.

R.15. Se deben utilizar piezas comerciales

Se deben utilizar piezas comerciales para reducir los costos de fabricación y reemplazar piezas con rapidez y facilidad.

R.16. Debe retirarse y colocarse sin necesidad de herramientas adicionales

El dueño debe poder poner y retirar la prótesis a su perro con facilidad y rapidez. Al no requerir de herramientas adicionales el proceso se facilita.

R.17. Los puntos de amarre del soporte de la prótesis deben ser mínimos

Disminuir los puntos de amarre a los mínimos necesarios le facilita el proceso de colocar y retirar la prótesis al dueño del perro, de esta manera podrá tener más control sobre los momentos en los que se deba retirar la prótesis para dar más comodidad al perro.

R.18. No debe causar lesiones superficiales al animal en el punto de contacto del muñón y en la unión con el arnés.

Todos los requerimientos de seguridad van enfocados a proteger al animal de posibles daños a su salud física. Si la prótesis le causa lesiones superficiales al canino puede provocarle infecciones, además del rechazo por parte del animal a la prótesis.

R.19. La prótesis no debe deslizarse o moverse durante el uso

Si la prótesis se desliza o se mueve mientras el perro la está usando puede provocarle laceraciones en la piel o llevarlo a realizar movimientos incorrectos que derivarán en lesiones. El perro también se sentirá incomodo durante su uso afectando negativamente la adaptación a la prótesis.

R.20. Los amarres no deben lastimar los órganos reproductores del canino

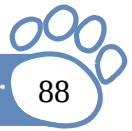
No deben causar presión ni roces que provoquen laceraciones o incomodidad y no debe interferir con las acciones de defecar y orinar porque podría representar un riesgo para su salud.

R.21. No debe inducir al canino a tomar posturas y movimientos anti naturales

La prótesis no debe inducir al canino a tomar posturas anti naturales porque hacerlo representa riesgos en la salud física del animal, como afectaciones en la columna vertebral.

R.22. Posibilidad de contar con diferentes opciones de color

Ya que el dueño es el que va a adquirir la prótesis, y que esta puede llegar a considerarse como un accesorio más, la parte estética adquiere un papel importante en la decisión del propietario, por esto se podría dar la posibilidad al dueño de escoger el color de su gusto, como cuando se escogen correas u otro tipo de accesorios.



16.4. Propuesta de diseño

Después de plantear los requerimientos de diseño se procedió a generar diferentes propuestas de diseño, en este capítulo se encuentra todo el proceso de diseño desde la etapa de bocetación hasta la propuesta final de diseño. Después de escoger una propuesta de diseño se elaboraron varios prototipos con los que se pudieron hacer diferentes comprobaciones para finalmente generar una propuesta de diseño final que es la que se aplicó al caso de estudio.

16.4.1. Proceso de bocetación

Para iniciar el proceso de bocetación, lo primero que se hizo fue realizar un análisis de movimiento de un perro que no tuviera ninguna de sus extremidades amputadas y se graficó el recorrido de la pata trasera durante el movimiento (Figura 22), esto con el fin de evidenciar la angulación de cada articulación en determinados momentos durante el recorrido y saber cuáles eran las angulaciones máximas y mínimas durante la marcha.

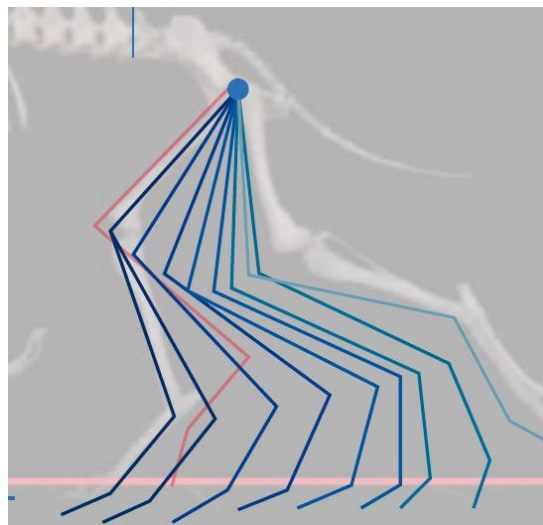


Figura 22. Recorrido de la extremidad posterior durante el movimiento

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia en video recuperado de:
<https://www.youtube.com/watch?v=VCfX8EW2A1w>

La angulación mínima de la articulación de la rodilla es de 45° y durante la marcha de aproximadamente 90° y la angulación máxima es de 170° ; la angulación mínima de la articulación del tarso durante la marcha es de aproximadamente $60^\circ - 70^\circ$ y la máxima de 120° , según la información recolectada de la investigación y la obtenida de la gráfica realizada (Figura

22). La información obtenida junto con las bases teóricas de la evaluación estática (Figura 23) permitió evidenciar el nivel de importancia de cada articulación para realizar un movimiento natural y las angulaciones que se deben tener en cuenta mientras el perro está de pie para que la postura sea correcta.

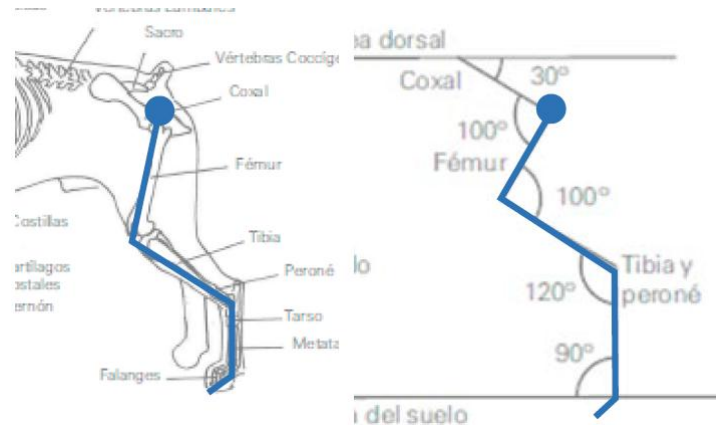


Figura 23. Angulaciones en posición estática

Fuente: Elaboración propia tomando como referencia las imágenes recuperadas de:
https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

A continuación se presentan los bocetos generados que posteriormente fueron evaluados con la matriz Fishbein y el número con el que se podrán identificar en la matriz. En todos los bocetos se propuso una sujeción del socket por medio de textiles y arneses sujetos al canino, en todos se propuso articular la prótesis a la altura de la rodilla del canino y en algunos se propuso también articular la prótesis a la altura del tarso (Bocetos 1 y 4, Figura 24 y Figura 25).

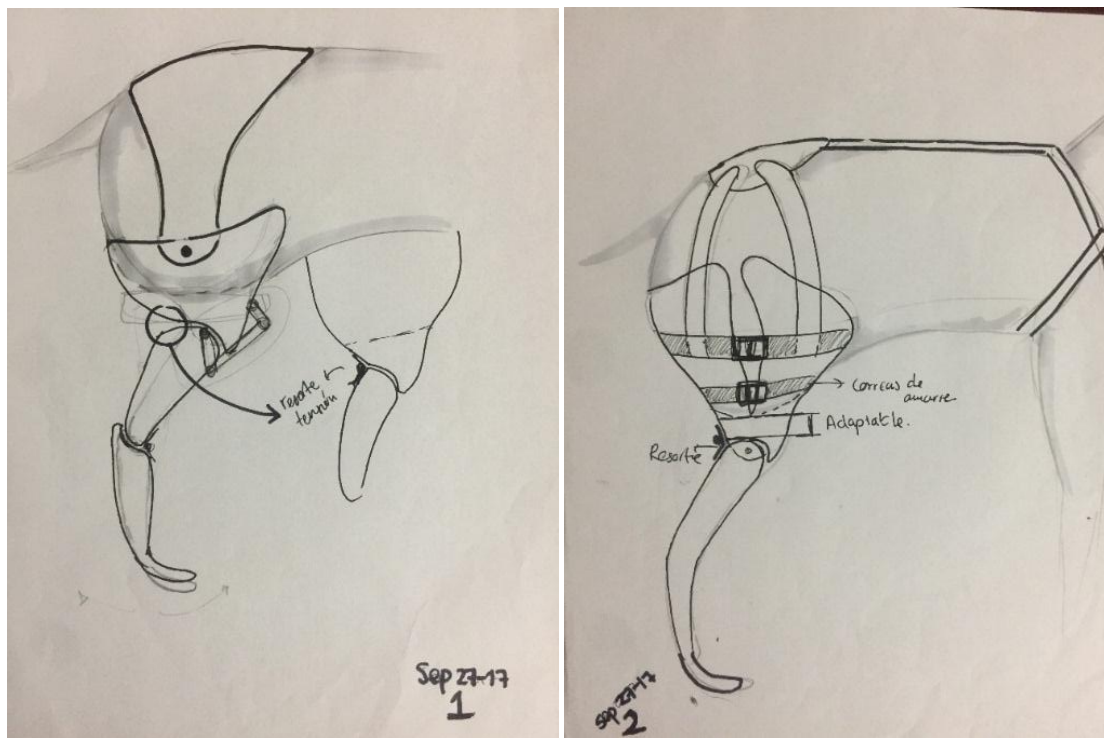


Figura 24. Bocetos 1 (izquierda) y 2 (derecha)

Fuente: Elaboración propia

La pieza que va en contacto con el piso se pensó de diferentes geometrías que se basan en formas encontradas en el estado de la técnica, algunas piezas eran cerradas y otras abiertas.

Las propuestas fueron pensadas para imprimirse en 3D y constan de un material rígido y un material flexible en la pieza que tiene contacto con el piso para amortiguar el movimiento y obtener un mejor contacto de fricción con el piso. Las piezas están pensadas para que por medio de un modelado parametrizado en el software SolidWorks la prótesis pueda adaptarse a diferentes caninos. SolidWorks es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 2D y 3D.

En el boceto 1 y en el boceto 4 se propone un mecanismo de cuatro barras para que cada vez que el canino mueva el muñón hacia adelante y hacia atrás durante la marcha, la prótesis también se mueva conjuntamente con éste y no se quede en un punto muerto. Se propone colocar resortes de torsión en cada articulación para simular la función la musculatura que interviene en las articulaciones del miembro posterior, esto con el fin de que cuando la prótesis se flexione, no se

quedé en esta posición sino que vuelva a darse el movimiento de extensión, en el boceto 3 se propone también el uso de cauchos que ayuden a posicionar la prótesis.

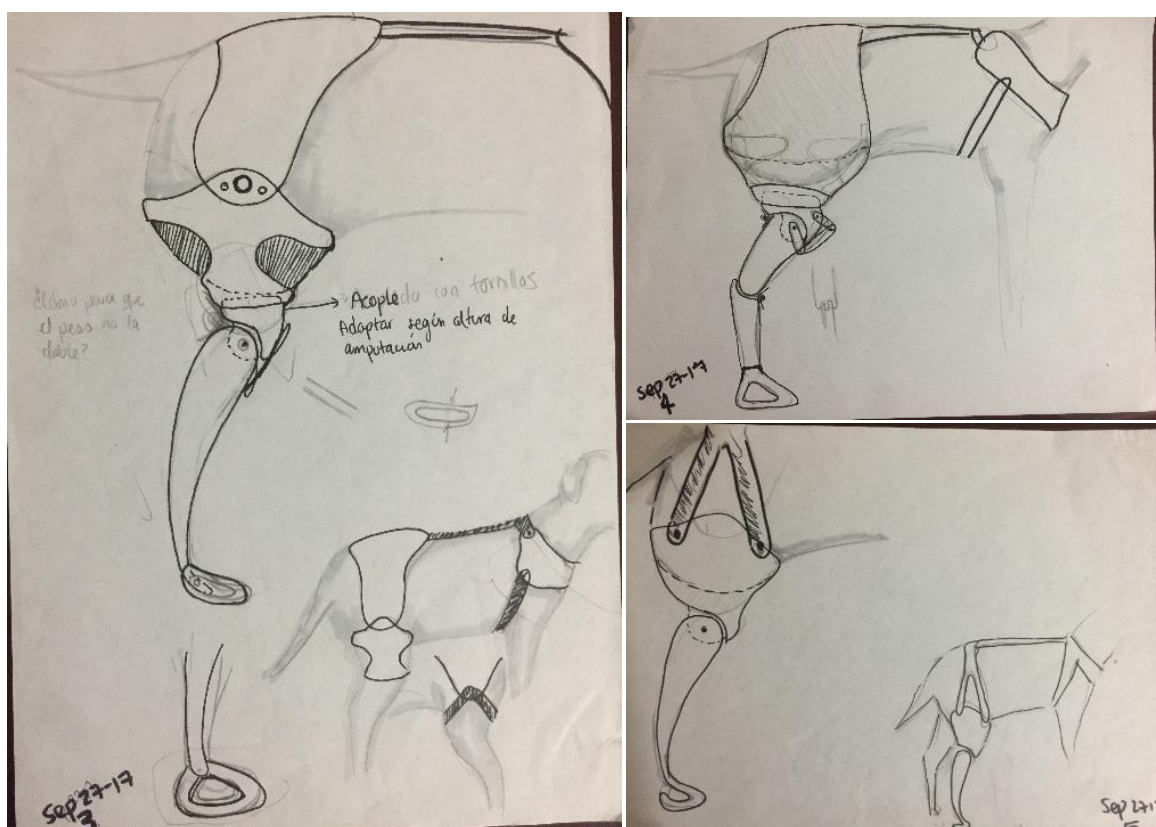


Figura 25. Bocetos 3 (izquierda), 4 (arriba-derecha) y 5 (abajo-derecha)

Fuente: Elaboración propia

16.4.2. Evaluación de propuestas

Para realizar la evaluación de las propuestas generadas se utilizó la herramienta de la matriz Fishbein. Lo primero que se hizo fue dar un valor a cada requerimiento (Tabla 6) que corresponde al nivel de importancia para el diseño de la propuesta. Luego se realizó la matriz Fishbein (Tabla 7) en la que se evalúa cada propuesta de la siguiente manera: Primero se evalúa cada requerimiento planteado en el PDS dando un valor porcentual, entre más alto el valor, más se considera que el requerimiento se satisface dentro de la propuesta. Después se hace la sumatoria de todos los resultados de dichas evaluaciones y la propuesta con mayor puntaje será la que cumpla mejor con los requerimientos de diseño estipulados con anterioridad.

*Tabla 6. Valoración de requerimientos*

REQUERIMIENTO	VALOR	REQUERIMIENTO	VALOR
R.1	10	R.12	9
R.2	9	R.13	8
R.3	7	R.14	8
R.4	10	R.15	8
R.5	10	R.16	8
R.6	9	R.17	7
R.7	9	R.18	10
R.8	10	R.19	10
R.9	10	R.20	10
R.10	9	R.21	9
R.11	10	R.22	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Matriz Fishbein

REQUERIMIENTO	PUNTUACIÓN (1-10)	PROPUESTA 1		PROPUESTA 2		PROPUESTA 3		PROPUESTA 4		PROPUESTA 5	
		Ponderación	Total	Ponderación	Total	Ponderación	Total	Ponderación	Total	Ponderación	Total
1	10	90%	9	85%	8,5	90%	9	90%	9	80%	8
2	9	90%	8,1	50%	4,5	50%	4,5	90%	8,1	50%	4,5
3	7	80%	5,6	50%	3,5	50%	3,5	80%	5,6	50%	3,5
4	10	90%	9	90%	9	90%	9	90%	9	90%	9
5	10	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5
6	9	95%	8,55	90%	8,1	90%	8,1	95%	8,55	90%	8,1
7	9	95%	8,55	90%	8,1	90%	8,1	95%	8,55	90%	8,1
8	10	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5
9	10	80%	8	80%	8	90%	9	90%	9	80%	8
10	9	90%	8,1	80%	7,2	80%	7,2	90%	8,1	80%	7,2
11	10	75%	7,5	75%	7,5	90%	9	90%	9	75%	7,5
12	9	100%	9	100%	9	100%	9	100%	9	100%	9
13	8	75%	6	50%	4	70%	5,6	85%	6,8	60%	4,8
14	8	90%	7,2	80%	6,4	90%	7,2	90%	7,2	90%	7,2
15	8	90%	7,2	90%	7,2	90%	7,2	90%	7,2	90%	7,2
16	8	100%	8	100%	8	100%	8	100%	8	100%	8
17	7	90%	6,3	80%	5,6	90%	6,3	90%	6,3	90%	6,3
18	10	70%	7	80%	8	75%	7,5	90%	9	70%	7
19	10	70%	7	85%	8,5	80%	8	90%	9	70%	7
20	10	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5	95%	9,5
21	9	80%	7,2	70%	6,3	70%	6,3	90%	8,1	70%	6,3
22	5	100%	5	100%	5	100%	5	100%	5	100%	5
			170,8				161				166
											179
											160

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 7, la propuesta con mayor puntaje fue la propuesta número 4. A partir de ese resultado y de requerimientos en otros bocetos que tuvieron puntajes altos en la matriz, se generó el boceto número 6 (Figura 26).

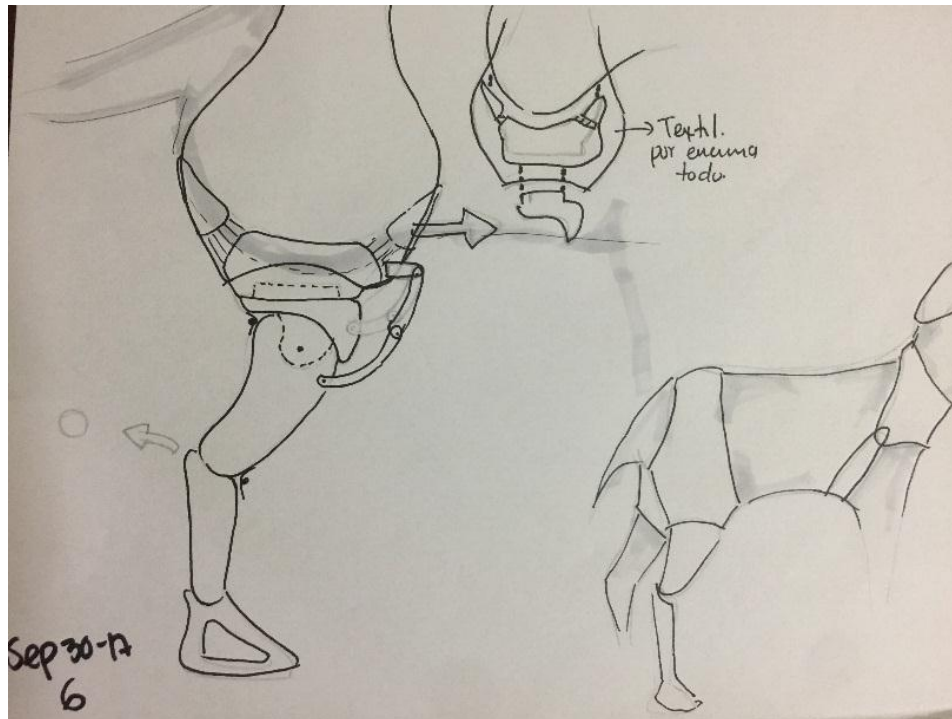
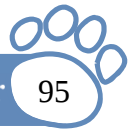


Figura 26. Boceto 6

Fuente: Elaboración propia

16.4.3. Propuesta de diseño de prótesis escogida

En la propuesta final generada en el boceto 6 (Figura 26), se segmentaron más las piezas con el fin de facilitar el mantenimiento si se debe reemplazar alguna, facilitar la parametrización de la prótesis y permitir la impresión en el área proporcionada por las impresoras 3D disponibles localmente. La parte del socket también se segmentó para facilitar el acople al muñón, como se observa en la Figura 27, el socket irá recubierto con un textil elástico que fijará el socket al muñón, este textil elástico estará a su vez unido al arnés que pretende usar el cuerpo del canino como estructura de sujeción, la buena sujeción de la prótesis al canino minimiza los riesgos en su salud física durante el uso de la prótesis y le va a permitir adaptarse a ella con más rapidez y facilidad, debido a que los muñones de amputación alta presentan características físicas similares no se consideró necesario hacer un diseño a partir de la forma del muñón de cada



paciente, la segmentación permite por medio de la presión que ejerce el textil dar la adaptabilidad necesaria para que el socket se ajuste al muñón, a partir de este propuesta se reducen también los costos de diseño que genera realizar una pieza única para cada paciente .

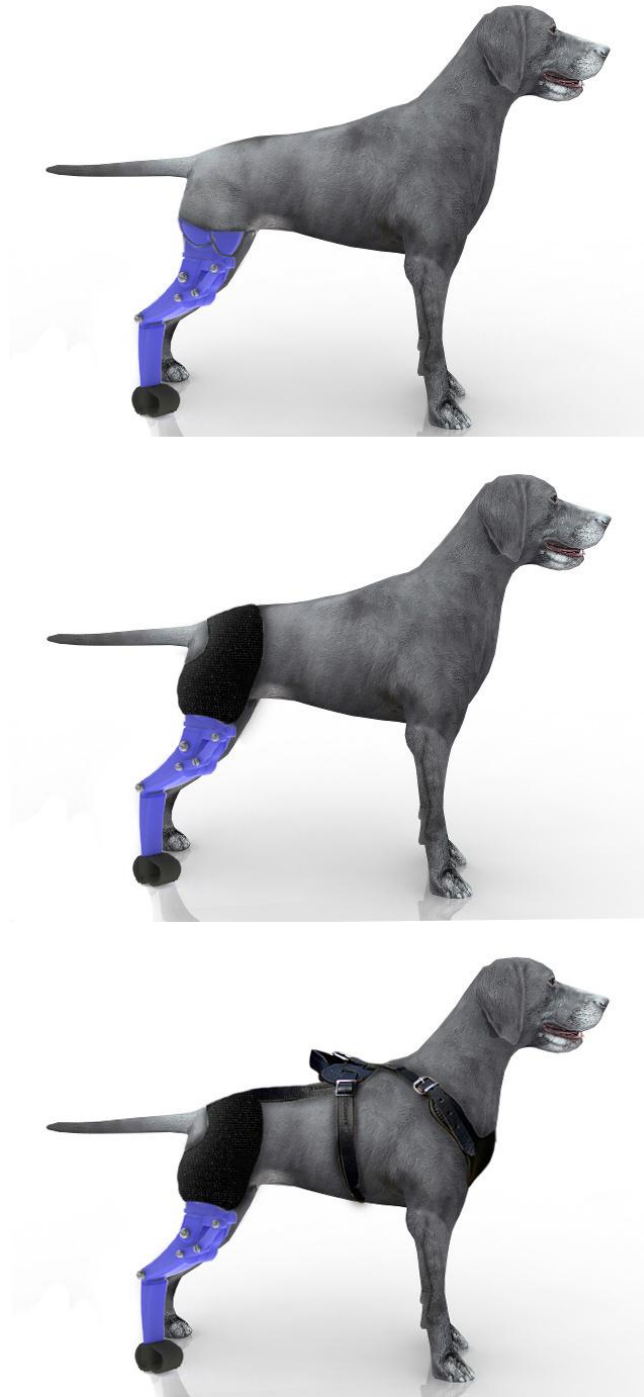
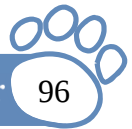


Figura 27. Soporte de prótesis y arnés

Fuente: Elaboración propia



Se mantuvo el mecanismo de cuatro barras (pieza 3 en la Figura 28) para sacar del punto muerto a la prótesis cada vez que el canino mueve el muñón durante la marcha. El mecanismo aplicado en la prótesis es el mecanismo de cuatro barras que no cumple ley de Grashof, en este caso la suma de la barra más corta y la barra más larga del mecanismo es mayor que la suma de las otras dos barras, lo que hace que las barras no den circunferencias completas si no que tengan un movimiento oscilante, tipo balancín (Mecapedia, 2013). Una de las barras se ubica en la pieza 2 que va sujeta al muñón, otra barra se sujeta a la pieza 4 y una tercera barra sujeta las dos barras anteriores, el movimiento oscilante que se genera por el movimiento de la pieza 2 permite halar la pieza 4 para cumplir con el objetivo establecido.

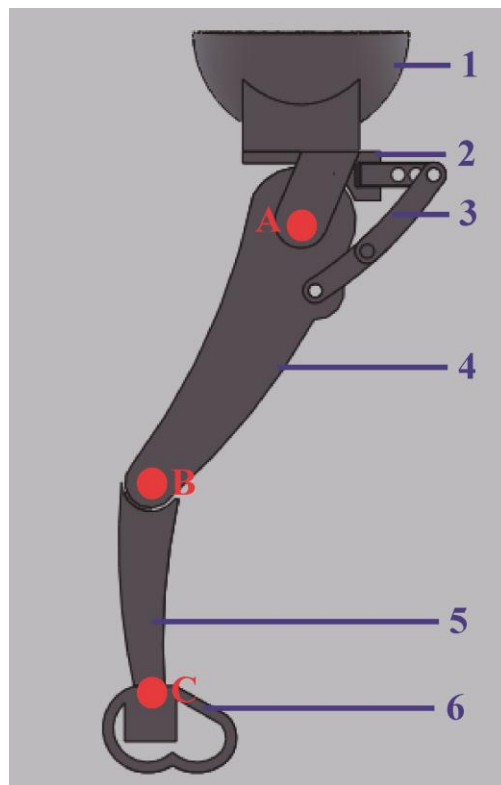


Figura 28. Propuesta de prótesis escogida

Fuente: Elaboración propia

Cada punto rojo en propuesta de la Figura 28 representa los puntos articulares principales del miembro posterior del canino. El punto A corresponde a la articulación de la rodilla, el punto B a la articulación del tarso y el punto C a la articulación de las falanges con el metatarso o articulación de los dedos. Para la propuesta se decidió articular la prótesis en los puntos A y B

solamente ya que la pieza 6 se propone en un material elástico para que cumpla una función amortiguadora, que vendría siendo la función de esta articulación. Aunque estéticamente la prótesis no se diseñó con el fin de representar la anatomía y musculatura del miembro, se consideraron algunos detalles anatómicos que podían aportar a la funcionalidad del producto; este es el caso de la pieza 6, que en un principio se planteó como un triángulo para dar estabilidad, pero luego del proceso de prototipado se optó por un diseño que está referenciado en las almohadillas de las patas de los perros que tienen como función amortiguar golpes y caídas, protegiendo los huesos y las articulaciones de la pata. Se consideró también que fuera una geometría cerrada para dar más estabilidad al canino. La decisión de no optar por una estética inspirada en la del miembro posterior del canino, se da porque los requerimientos estéticos no son relevantes para el canino y no se verá afectado si la prótesis se parece o no a una pata de perro, en este caso se dio prioridad a características formales que potenciaran la funcionalidad, como lo dispuesto en los requerimientos de diseño. Debido a que para el dueño la necesidad estética si representa un nivel considerable de importancia, se optó por escoger un material que posibilitara variedad de colores.

En cada punto articulado se fijará un resorte torsión para simular la función de los músculos antagonicos y protagonistas y de los ligamentos en el miembro posterior, esto con el fin de que cuando la prótesis se flexione no se quedé en esta posición sino que vuelva a darse el movimiento de extensión.

Los resortes de torsión son resortes de espiras helicoidales que se someten a torsión en los extremos, “los extremos conectan una fuerza a una distancia respecto al eje de las espiras con el objeto de aplicar un par de torsión” (Budynas & Nisbett, 2008, p.532). En los resortes de torsión se configuran los extremos de la manera más conveniente para aplicar torsión al cuerpo de espiras (Figura 29); existen resortes de extremo con gancho corto, con desplazamiento recto, con gozne, de torsión recta y con extremos especiales, existen también resortes de torsión de cuerpo único y doble. El alambre en un resorte de torsión trabaja bajo flexión y los resortes se diseñan para que al momento del servicio se arrollen de manera más apretada ya que a medida que se incrementa el par de torsión aplicado el diámetro interior de la espira disminuye (Budynas & Nisbett, 2008, p.532).

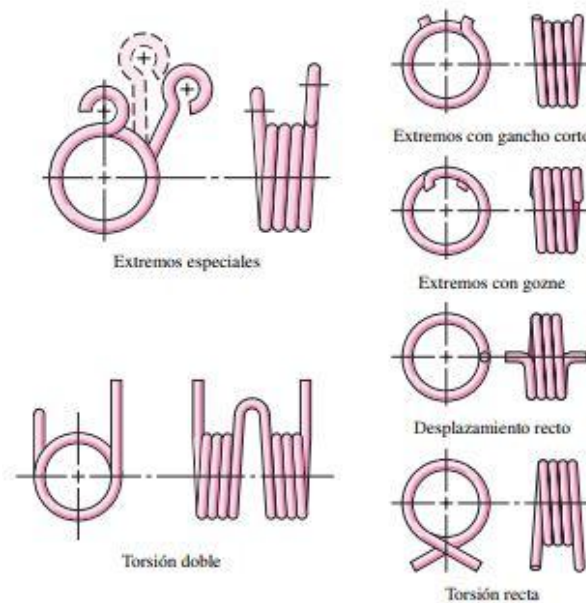


Figura 29. Tipos de resortes de torsión

Fuente: Budynas & Nisbett. (2008). *Resortes de torsión*. Recuperado de: <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>

Unida al socket (pieza 1), se encuentra una pieza que conforma la articulación de la rodilla, se propone mantener esta pieza independiente para adaptar la prótesis según la altura de la amputación del perro por medio de ella, la unión de esta pieza se propone tipo rosca.

Las angulaciones observadas en el análisis realizado se aplicaron para fijar un límite de amplitud de movimiento en cada articulación. En la Figura 30 se puede observar la superposición del modelado de la prótesis y la gráfica realizada del análisis de movimiento durante la marcha, esta superposición permite observar con más claridad los ángulos máximos y mínimos permitidos por cada punto articular de la prótesis y cómo las angulaciones de la prótesis corresponden a las del canino durante la marcha. Esta correspondencia es importante para la generación de impulso que permitirá la movilidad eficiente del canino.

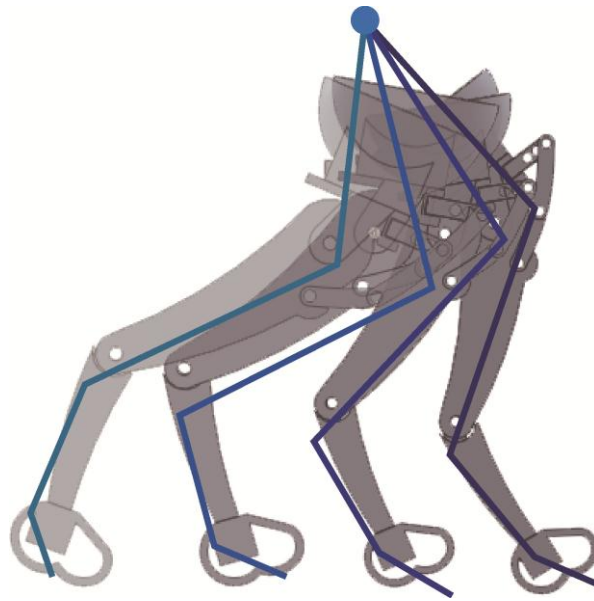


Figura 30. Análisis de movimiento de la prótesis comparado con el análisis de movimiento durante la marcha realizado.

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, la prótesis se propuso para ser fabricada por impresión 3D y a partir de un diseño parametrizado que permita la adaptación a cualquier perro, esto con el fin de reducir el tiempo de diseño de cada prótesis y por ende reducir los costos de producción de las prótesis para generar un producto más económico. Dado que después de las entrevistas realizadas se concluyó que no existían relaciones de proporción entre los huesos del miembro que pudieran parametrizarse, se decidió establecer variables independientes que se pudieran ingresar al modelado ya con variables parametrizadas de SolidWorks para que la pieza se adapte al canino que la requiere. Las variables establecidas fueron (Figura 31): longitud del fémur (1), longitud de tibia (2), altura de la amputación (3), longitud del metatarso (4), parte más ancha de la masa corporal del muñón (5), altura de la cabeza metatarsal (6) y peso del canino (7). Para establecer los puntos en los que debían tomarse las medidas se utilizó como referencia el formulario de medidas para prótesis tarsal de OrthoPets (OrthoPets, n.d.-a). Para las medidas necesarias para realizar el molde del soporte de la prótesis, se tomaron como referencia puntos utilizados en la confección de ropa para perros (Figura 31): contorno de la cintura (8), contorno del muslo (se toma en el mismo punto de referencia 5 para la prótesis pero esta vez se toma el contorno y no el

ancho), la longitud del fémur (misma medida del punto de referencia 1 para la prótesis) y la altura de la amputación (misma medida del punto referencial 3 para prótesis).

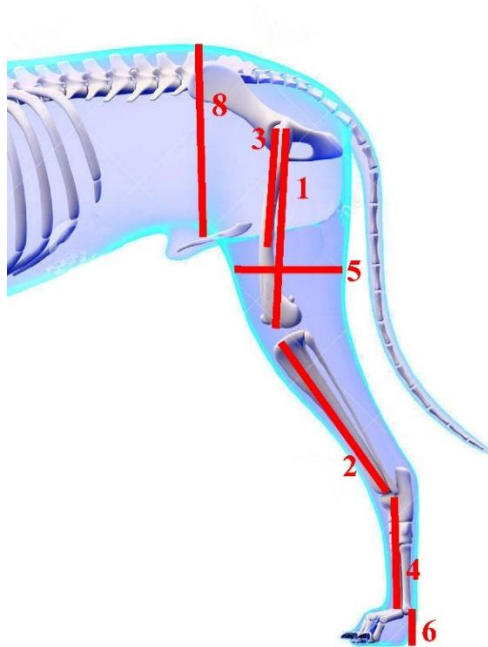


Figura 31. Variables independientes de parametrización

Fuente: Elaboración propia tomando como base la imagen recuperada de: <https://ru.dreamstime.com>

16.4.4. Procesos de fabricación y materiales

Prótesis

Para la fabricación de la prótesis se propone la impresión 3D. La impresión 3D es una tecnología de fabricación por adición que construye piezas capa por capa mediante el calentamiento de material termoplástico hasta un estado semi-líquido y su posterior extrusión. El punto de partida de todo el proceso, son modelos tridimensionales hechos a partir de software de desarrollo 3D (Undos3d, n.d.). En Colombia se puede acceder fácilmente a las tecnologías de impresión 3D, tanto al servicio como a las impresoras y diversos materiales.

Entre las ventajas que brinda la impresión 3D sobre los procesos mecanizados es que ofrece la posibilidad de producir objetos con menos limitaciones formales que los fabricados por procesos mecanizados. Es una alternativa más económica para fabricar piezas únicas o pequeñas producciones debido a que el coste unitario por pieza impresa es siempre el mismo

(considerando que las variables que determinan la calidad de la pieza sean iguales) y sólo se requiere de una herramienta (la impresora), en el caso del mecanizado generalmente se requiere de más de una herramienta para fabricar una pieza, lo que incrementa costos y tiempo de producción. Esto último resulta también ser una buena opción si se llegara a necesitar reemplazar una pieza de la prótesis, pues podrá fabricarse y reemplazarse con más facilidad y en un menor tiempo.

La impresión 3D ofrece también la posibilidad de utilizar diferentes materiales. Se propone imprimir la prótesis principalmente en PLA, un polímero termoplástico biodegradable derivado de recursos renovables como el almidón de maíz o la caña de azúcar, entre sus propiedades más notorias están la resistencia a la tracción, inflamabilidad muy baja, rigidez y buena resistencia a la flexión. Es usado en la fabricación de otras prótesis revisadas en el estado de la técnica y por sus propiedades físicas es un material que cumple con los requerimientos de diseño establecidos.

Módulo elástico en flexión: 3600 MPa (ISO 178)

Resistencia a la flexión: 108 MPa (ISO 178)

Dureza: 85 Sh D (ASTM D2240)

	Prob. inyectadas	Prob. impresas ¹	Prob. impresas ²
Resistencia a la rotura en tracción*	52 MPa	50 MPa	39 MPa
Deformación a rotura en tracción*	5%	9%	4%
Módulo elástico en tracción*	1320 MPa	1230 MPa	1120 MPa

¹ Estirado en dirección paralela a las capas

² Estirado en dirección perpendicular a las capas

*ISO 527

Temperatura recomendada de impresión: 200/220 °C

Temperatura de flexión bajo carga: 56 °C (ISO 75/2B)

Temperatura de fusión: 145/160 °C (ASTM D3418)

Temperatura de transición vítrea: 56/64 °C (ASTM D3418)

Figura 32. Ficha técnica PLA 1,75mm

Fuente: Mastoner. Filamento PLA 1,75mm. Recuperado de: www.mastoner.com



Específicamente se propone el uso del PLA INGEO 870, un biopolímero de ingeniería procedente del almidón de maíz con características superiores al ABS, posee mejores propiedades mecánicas como tracción, flexión e impacto que el PLA común ya que puede someterse a un proceso de templado después de realizarse la impresión 3D (Filament2print S.L., n.d.). En la Figura 33 se pueden observar las propiedades de resistencia al calor y al impacto del PLA INGEO 870 comparadas con las del el PLA general y el ABS.

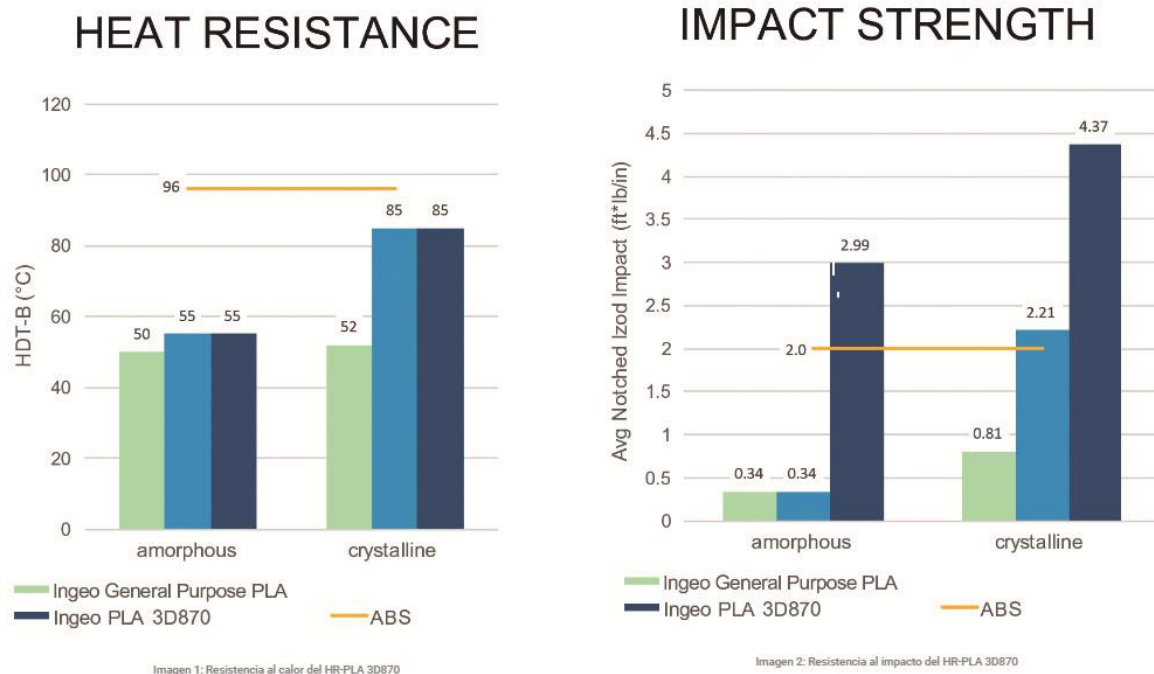


Figura 33. Propiedades del PLA 870 comparadas con PLA y ABS (Resistencia al calor y fuerza de impacto)

Fuente: Filament2print S.L. HR-PLA 3D870. Recuperado de: <https://filament2print.com/es/pla-especial/838-hr-pla-3d870.html>

Para el material flexible se propone el TPU, un elastómero de densidad 1,20-1,22 g/cm³ utilizado frecuentemente el mercado del calzado y que entre sus propiedades más destacables están la excelente resistencia al desgaste, a la abrasión, resistencia microbiana y excelente resistencia y durabilidad (Lubrizol, n.d.).

<u>Propiedades mecánicas (*)</u>	<u>Moldeo por inyección</u>		<u>Impresión 3D</u>	
	Valor típico	Método de ensayo	Valor típico	Método de ensayo
Módulo de elasticidad a la tracción	-	-	26,0 MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción a la deformación	-	-	8,6 MPa	ASTM D638
Esfuerzo de tracción a la rotura	-	-	39,0 MPa	ASTM D638
Alargamiento a la deformación	-	-	55,0 %	ASTM D638
Alargamiento a la rotura	-	-	580,0 %	ASTM D638
Resistencia a la flexión	-	-	4,3 MPa	ISO 179
Módulo de flexión	-	-	78,7 MPa	ISO 179
Resistencia a la prueba de impacto Izod, con mella (a 23 °C)	-	-	34,4 kJ/m ²	ISO 180
Resistencia a la prueba de impacto Charpy (a 23 °C)	-	-	-	-
Dureza	-	-	95 (Shore A) 46 (Shore D)	ASTM D2240 Durómetro
Resistencia a la abrasión	-	-	0,06 g	ASTM D4060 (pérdida de masa, 10 000 ciclos)

Figura 34. Ficha técnica TPU

Fuente: Ultimaker. (2017). Ficha de datos técnicos TPU 95

Soporte de la prótesis

La escogencia de materiales para el soporte de la prótesis se referenció en un producto fabricado por OrtoCanis, es un soporte de cadera para perros con displasia de cadera o artrosis localizada (Figura 35). El textil planteado es el neopreno, un material utilizado con frecuencia en elementos ortopédicos ya que permite la transpiración, ofrece un grado de elasticidad y debido a que está recubierto con una capa generalmente de nailon o de lycra no es abrasivo para la piel ni toxico para el animal (Gorgues, 2006). El otro material escogido para la sujeción de la prótesis al muñón es el elastano comercializado como LYCRA®, por su alta elasticidad y comodidad, es un textil utilizado frecuente en la industria de las fajas, ropa interior y ropa deportiva (Gil & Alvarez, 2011, p.46).



Figura 35. Soporte de cadera

Fuente: OrtoCanis. Soporte de cadera. Recuperado de: <https://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/128-soporte-de-cadera.html>

Arnés

Ya que el mercado ofrece una gran variedad de arneses para perros ya estandarizados según su tamaño y necesidad, se propuso adaptar un arnés comercial al soporte de la prótesis.

15.4.5. Elaboración de prototipos

Los primeros prototipos se construyeron en MDF con el fin de realizar comprobaciones funcionales de los resortes de torsión como elementos de posicionamiento de las articulaciones y del mecanismo de cuatro barras utilizado para sacar a la prótesis del punto muerto, con la construcción de estos prototipos se pudieron observar también otros aspectos funcionales y formales que debían ser tenidos en cuenta.

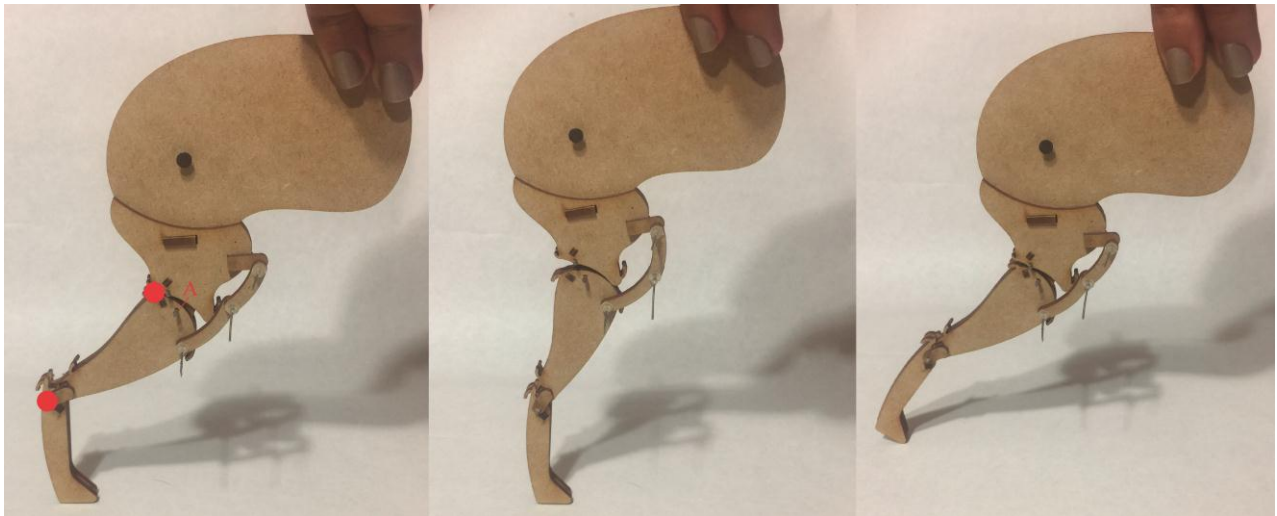


Figura 36. Prototipo 1

Fuente: Elaboración propia

Como se indicó en la propuesta escogida, para cada eje se colocó un resorte de tensión (puntos rojos). Con el prototipo 1 (Figura 36) se pudo comprobar que los resortes de tensión funcionaban de manera correcta, cuando se ejercía fuerza sobre la prótesis simulando el momento en el que canino se apoya en ella, en los ejes se daba un movimiento flexión; y cuando se dejaba de ejercer peso, simulando el momento durante la marcha en el que el canino levanta el miembro, los resortes posicionaban la prótesis a manera de extensión. La posición de cada pieza fue generada a partir del posicionamiento normal de un canino cuando se encontraba parado. En este prototipo se pudo observar que el eje A no estaba bien ubicado por lo que restringía el movimiento de manera importante e impedía el funcionamiento de las barras, también se pudo observar que cuando se ejercía fuerza sobre la prótesis se podían dar diferentes posiciones que no daban estabilidad al canino, no existía un control sobre el eje y podría generar inseguridad en el canino a la hora de apoyarse en la prótesis.

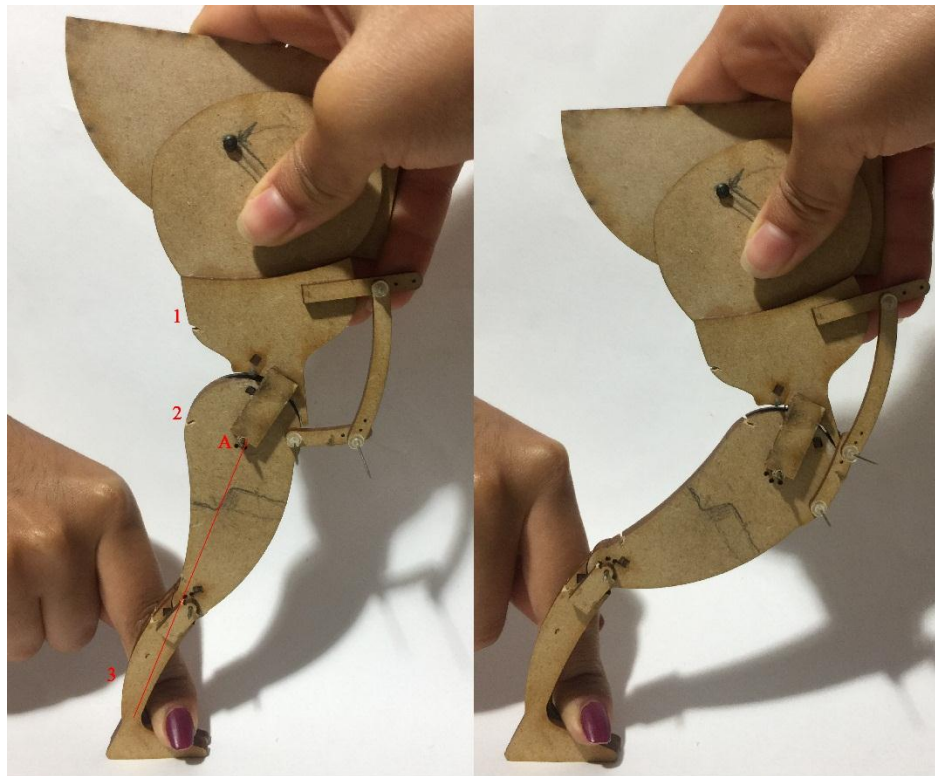
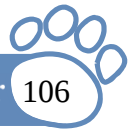


Figura 37. Prototipo 2

Fuente: Elaboración propia

Para resolver el problema de inestabilidad en el prototipo 1, en el prototipo 2 (Figura 37) se alinearon los ejes y el punto de apoyo en la pieza 3 para generar un punto muerto cuando se ejerciera el apoyo y la pieza 2 no girara sobre el eje cuando esto sucediera, esto causó que la pieza 3 no estuviera posicionada como en el prototipo 1, es decir, de la manera como la posicionaría en perro con naturalidad en esta postura. Aunque la angulación cambia, se concluyó que en este caso la angulación correspondía sólo a un requerimiento estético pues no generaba ningún riesgo en el miembro colateral del perro, lo más importante en este caso era dar la estabilidad requerida para brindar seguridad. También se corrigió el posicionamiento del eje A, ahora se tenía un rango de movimiento más amplio que en el prototipo 1, esto hacía más importante generar el punto muerto. Como se debía colocar el resorte sobre el eje A y no a un lado como el prototipo 1, la sujeción entre la pieza 1 y 2 se debió colocar de manera externa para no interferir con el funcionamiento del resorte. También se realizó un mecanismo, como el de la Figura 38, pero se observó que interfería con el mecanismo de resorte de tensión. Se hicieron

diferentes pruebas realizando diferentes puntos de ejes en el mecanismo de cuatro barras para ver cuál sacaba del punto muerto a la prótesis con mayor facilidad y se concluyó que el mecanismo de cuatro barras de doble balancín funcionaba mejor.



Figura 38. Mecanismo para graduar el ángulo de la articulación

Fuente: Animal OrthoCare. Corsé tarsal personalizado. Recuperado de: <https://www.animalorthocare.com/custom-tarsal-ankle-brace>

Con el prototipo 3 (Figura 39) se comprobó que el mecanismo de barras de doble balancín sacaba a la prótesis del punto muerto cuando el muñón (pieza 1 en la Figura 39) se mueve hacia adelante o hacia atrás durante la marcha.



Figura 39. Prototipo 3

Fuente: Elaboración propia



El prototipo 4 (Figura 40) se imprimió en 3D y con él se comprobó la parte funcional, dimensional y formal de cada pieza que compone la prótesis para tomar decisiones en cuanto a modificaciones en el diseño, así mismo se confirmó la viabilidad técnica de la propuesta para ser impresa en 3D. En la Figura 40 se pueden observar también la parte interna de la prótesis en donde se encuentra el mecanismo y los puntos articulares con su respectivo resorte de torsión.

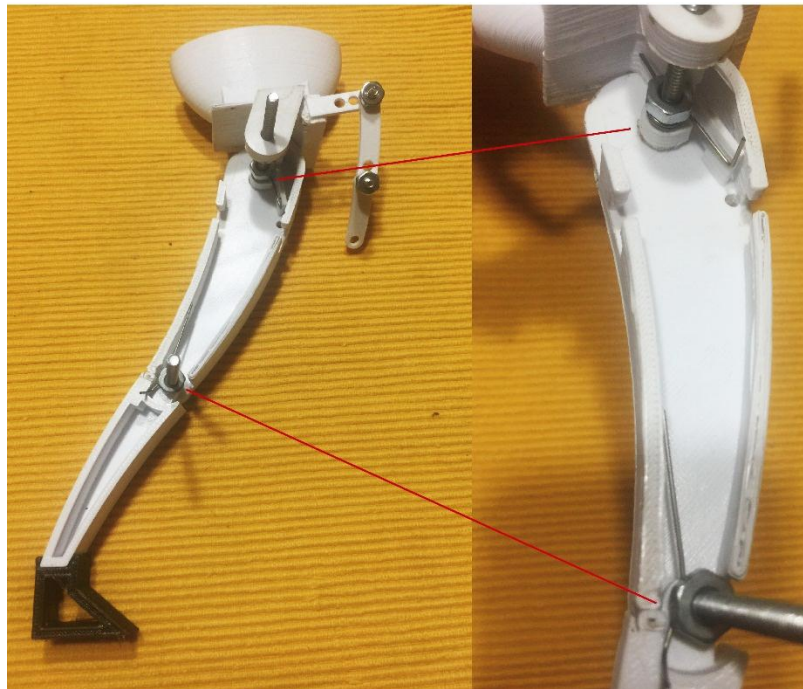


Figura 40. Prototipo 4

Fuente: Elaboración propia

El mecanismo de resortes, los límites de angulación y el mecanismo de cuatro barras cumplieron con la función esperada de posicionamiento y sacar a la prótesis del punto muerto durante la secuencia de simulación de marcha (Figura 41), pero la alineación que se había realizado para generar un punto muerto y brindar estabilidad al canino no funcionó como se tenía esperado debido a que la pieza que va en contacto con el piso debe estar muy sujeta a la superficie para que se dé el bloqueo y la alineación de la pieza con el punto rojo no permitía un apoyo correcto de la pieza que va en contacto con el piso, en este punto se descartó la forma triangular de esta pieza y se optó por el diseño referenciado en las almohadillas del perro. En la en la Figura 41 la secuencia de movimiento durante la marcha se da desde el momento en el que el canino posiciona el fémur hacia adelante y se da una flexión en las articulaciones del miembro



para apoyar la pata y generar el impulso hasta que la pata queda posicionada hacia atrás en extensión, la flexión y extensión se dan de manera correcta en cada paso del movimiento, sin embargo, por la alineación incorrecta de la pieza mencionada anteriormente, en las imágenes de los pasos intermedios el apoyo no se da correctamente por lo que se optó por una alineación referenciada en la alineación natural del miembro para la propuesta final.

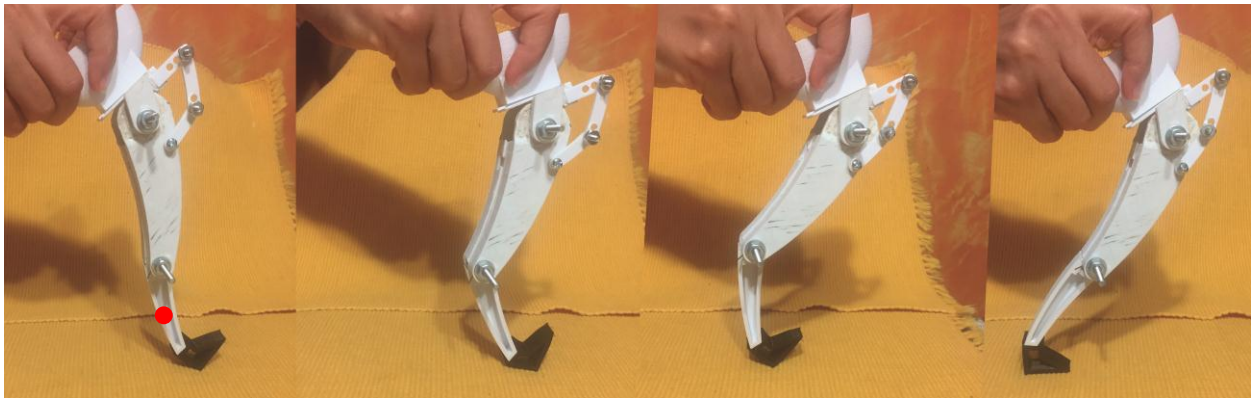


Figura 41. Secuencia de movimiento del prototipo 4

Fuente: Elaboración propia

16.4.6. Propuesta final de diseño



Prótesis articulada removible para caninos con amputación alta de miembro posterior

Daniela Chica Ramírez

El diseño de esta prótesis parametrizada puede ser adaptado a cualquier canino tomando las dimensiones del miembro sin amputar. Consta de 3 elementos, la parte de la prótesis impresa en PLA y TPU, la parte del soporte de la prótesis confeccionada a la medida del canino y un arnés de tipo comercial. La prótesis está diseñada con el fin de posibilitar la movilidad eficiente del canino reduciendo los riesgos en su salud física.

Componentes de la prótesis

Arnés comercial

Se hace uso de un arnés comercial adaptado al soporte de la prótesis

Soporte de la prótesis

El soporte de la prótesis está confeccionado en neopreno y un textil elástico para fijar el socket al muñón y lograr un mejor acople de la prótesis al canino

Prótesis

Prótesis articulada adaptable para cualquier canino. La prótesis está segmentada en varias piezas para facilitar la parametrización del diseño.



Figura 42. Componentes de la prótesis

Fuente: Elaboración propia

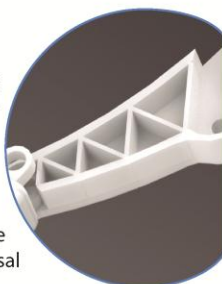
El socket es segmentado para mejorar el acople del muñón al socket cuando el soporte de la prótesis haga presión sobre este. Está recubierto internamente por espuma en el interior y las piezas se unen con otro textil. La segmentación se propone para dar más comodidad al canino mientras usa la prótesis y así permitir una mejor adaptación y uso de la prótesis por parte del canino. Así mismo el diseño permite reducir costos por no tratarse de un elemento único para cada paciente



Mecanismo de cuatro de barras doble balancín que no cumple con la ley de Grashof para generar un movimiento mas natural de la prótesis a partir del movimiento del muñón, el mecanismo impide que la prótesis se quede en un punto muerto



Ya que la pieza se encuentra bajo esfuerzos de flexión y compresión esta geometría mejora la resistencia y la rigidez debido a que tiene un mayor momento de inercia por la geometría de sección transversal

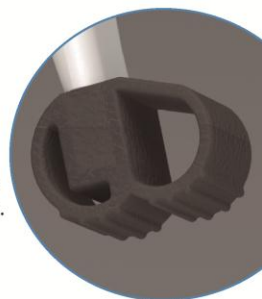


Puntos articulares en donde se encuentran ubicados los resortes de torsión, en cada punto hay una geometría que limita el angulo del rango de movimiento para la seguridad del canino



Puntos limite de amplitud de movimientos de la articulación, puede ser adaptados a las angulaciones del miembro de cada paciente

Material flexible que junto a la geometría cerrada inspirada en las almohadillas del canino ayuda a amortiguar el movimiento y textura para obtener un mejor contacto de fricción con el piso.



Prótesis

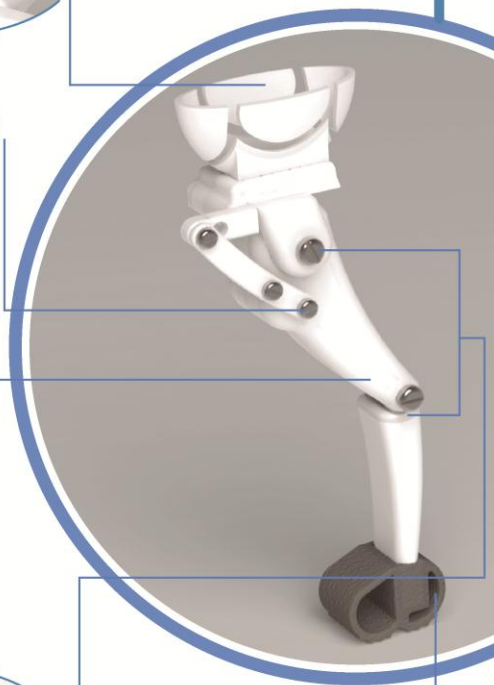
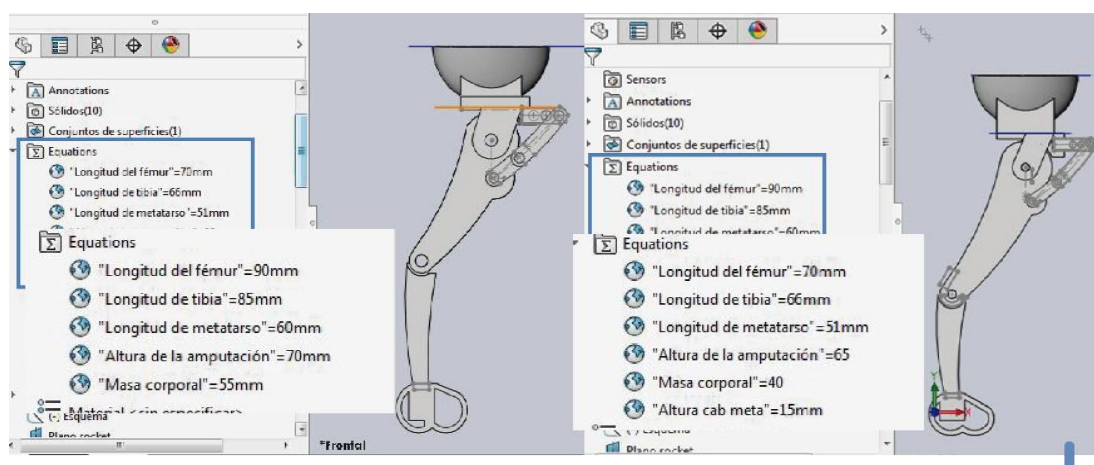


Figura 43. Detalles de la prótesis

Fuente: Elaboración propia



Modo de uso

Después de haber adaptado el diseño al paciente y de haber fabricado la prótesis y el soporte de prótesis se procede a colocárselo al canino

Fijación de la prótesis

Primero se debe fijar la parte del socket al muñón del canino

Soporte de la prótesis

Después se coloca el soporte de la prótesis y se adapta al canino por medio de las correas y el velcro, estos mecanismos se escogieron para que el canino se sienta cómodo con ellos, se tomaron como referencia otros productos para mascotas.



Fijación del arnés

Finalmente se coloca el arnés al canino. El arnés ha sido adaptado al soporte de la prótesis previamente por medio de correas.

Punto de unión entre la prótesis y el arnés

Figura 44. Modo de uso de la prótesis

Fuente: Elaboración propia

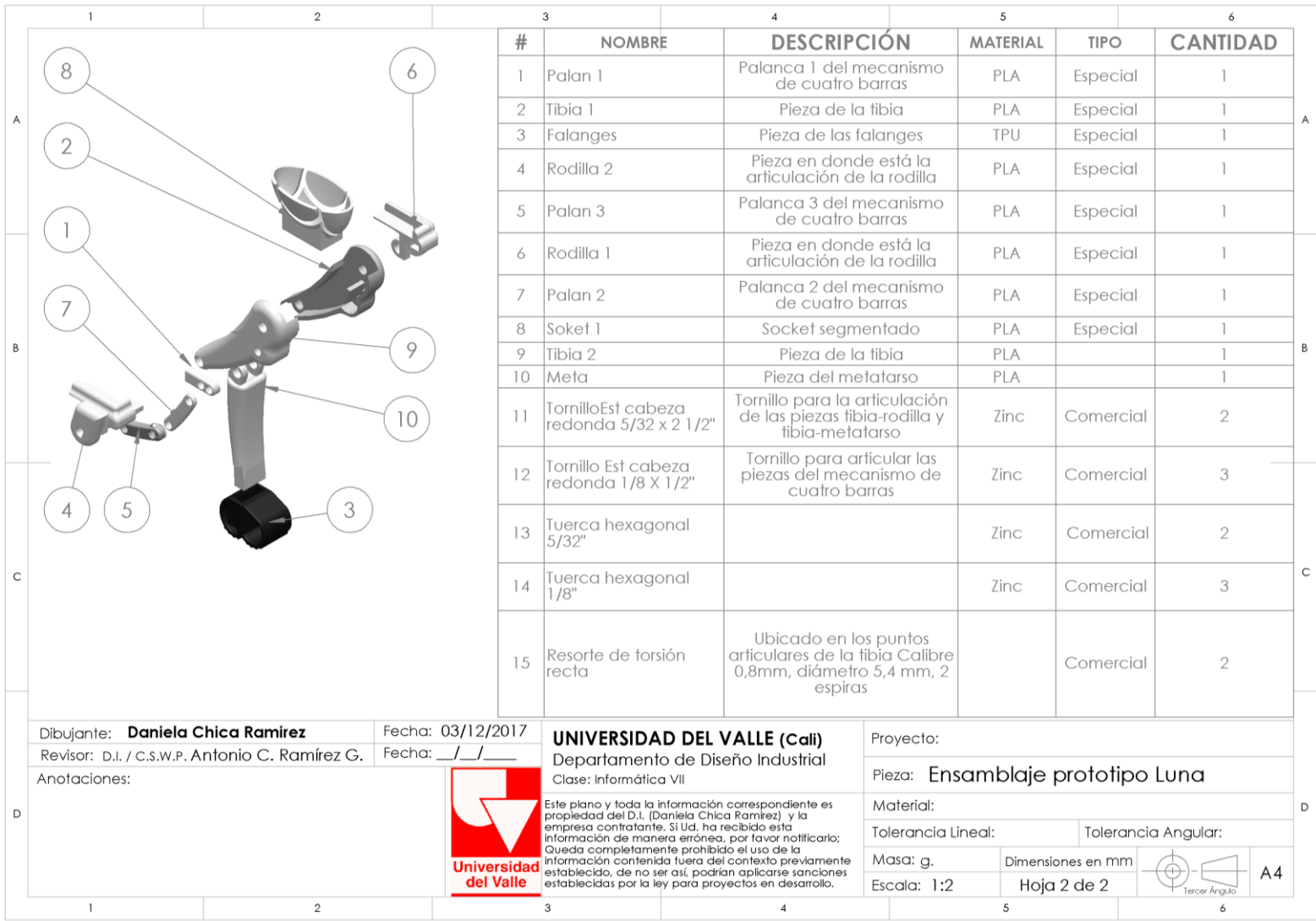


Figura 45. Piezas que componen la prótesis

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 8 se registraron los costos de los materiales y procesos de fabricación únicamente, a estos costos se les sumarían los costos de diseño.

Tabla 8. Tabla de costos de materiales y procesos de fabricación

Descripción	Precio por unidad	# Unidades	Valor
Radiografía			\$85.000
Impresión 3D - PLA SAKATA (Ingenieril) Calidad alta		37 gramos	\$90.650
Impresión 3D - TPU FLEXIBLE		5 gramos	\$21.000
Resortes de torsión	\$4.500	2	\$9.000
Arandela	\$8.8	5	\$44.0
Tornillo	\$70	5	\$350
Tuerca hexagonal	\$15	5	\$74
Material y confección del soporte de prótesis			\$35.000
Arnés comercial	\$20.900	1	\$20.900
TOTAL			\$262.018

Fuente: Elaboración propia

16.5. Propuesta aplicada al caso de estudio

Se planteó un proceso metodológico para el diseño y la construcción de la prótesis que debe ser aplicado con cada paciente, en este caso con Luna, el caso de estudio. Dicho proceso consiste en los pasos que serán explicados a continuación junto con los registros de cada paso aplicado al caso de estudio.

A. Recolección de datos de las variables independientes

Para recolectar los datos de manera más precisa se propone no sólo tomar las medidas directamente en el canino sino también desde las radiografías, esto con el fin de evitar confusiones en los puntos referenciales desde donde se deben tomar las medidas que resulten en datos erróneos.

Las siguientes imágenes corresponden a las radiografías que se le tomaron a Luna. En cada imagen se puede ver la toma de una medida de las variables independientes (1,2 y 3) a través del

programa predeterminado para revisar las radiografías (QuantorView), los datos fueron registrados en la Tabla 9.

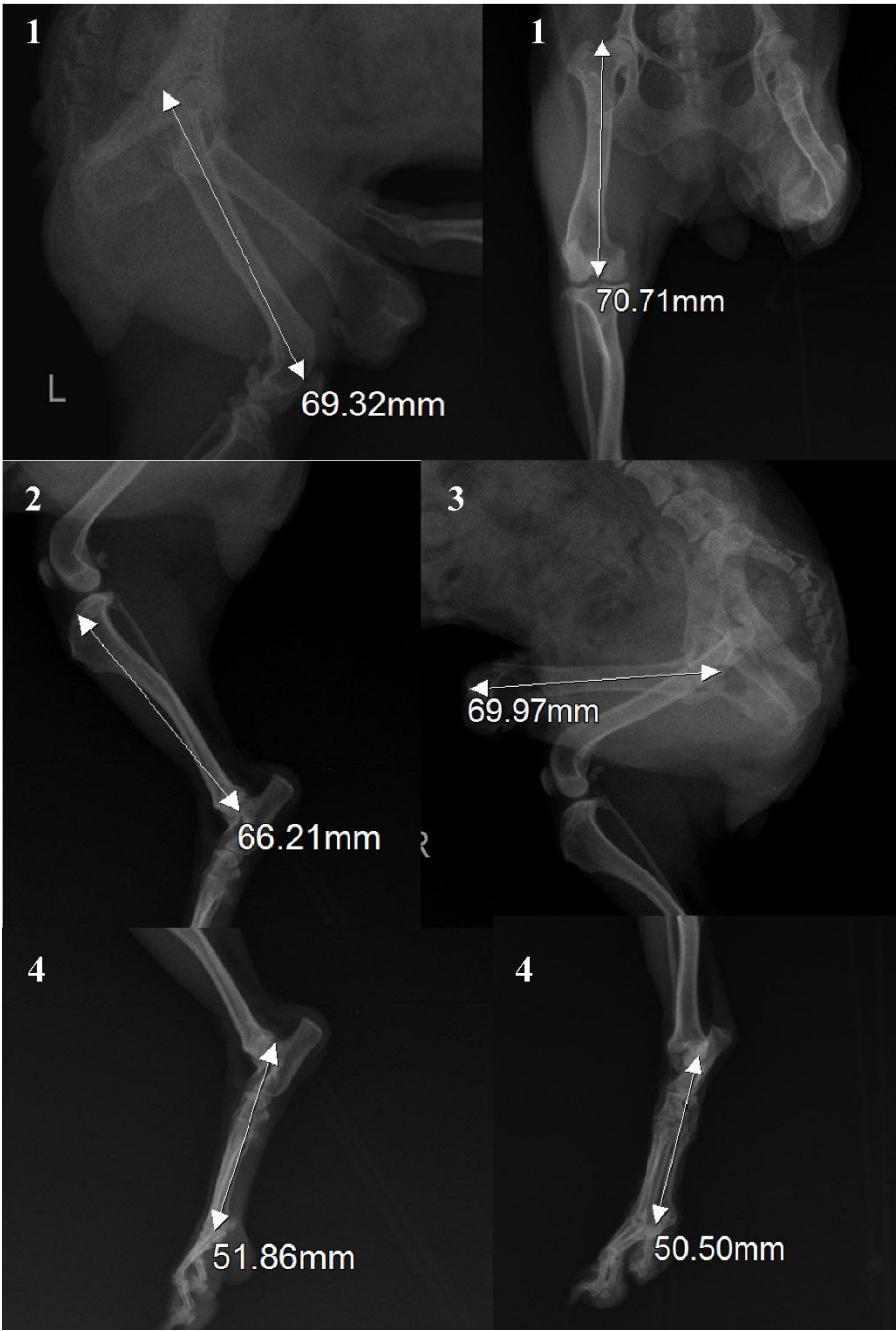


Figura 46 Medidas tomadas a partir de las radiografías de Luna.

Fuente: Elaboración propia con base en las radiografías tomadas al paciente

Los datos de las variables 4 y 5 se tomaron directamente en el canino porque las radiografías no permitían visualizar estas estructuras anatómicas y musculares en una posición que permitiera tomar las medidas. La variable 6 fue tomada por el veterinario durante una consulta. Se pudo observar también en las radiografías que la amputación fue realizada al nivel de la articulación de la rodilla, lo que disminuye la distancia entre el socket y la pieza que articula la prótesis a nivel de la rodilla.

Tabla 9. Datos de variables independientes

# de Variable	Variable	Valor Promedio
1	Longitud del fémur	70,01 mm
2	Longitud de tibia	66,21 mm
3	Altura de la amputación	69,9 mm
4	Longitud del metatarso	51,18 mm
5	Parte más ancha de la masa corporal del muñón (contorno del muslo)	40 mm
6	Altura de la cabeza metatarsal	15 mm
7	Peso del canino	2,25 kg

Fuente: Elaboración propia

B. Recolección de medidas para el soporte de la prótesis

Las medidas para el soporte de la prótesis se tomaron directamente en el canino teniendo en cuenta los puntos referenciales establecidos anteriormente y se registraron en la Tabla 10.

Tabla 10. Medidas para el soporte de la prótesis

# de Variable	Variable	Valor
1	Contorno del muslo	140 mm
2	Contorno de cintura	300 mm (30 cm)
3	Longitud del fémur	70 mm
4	Altura de la amputación	69,9 mm

Fuente: Elaboración propia

C. Introducción de datos en el software SolidWorks y generación del modelo de la prótesis

Después de haber recogido los datos de las variables independiente se introdujeron en el programa SolidWorks (Figura 47), cada variable corresponde a una medida en el diseño de la prótesis lo que permite adaptar el modelo a diferentes caninos sobre un diseño base, esto con el fin de reducir el tiempo de diseño y por ende costos que se ven reflejados en el precio final del producto. En el caso de la variable de la altura de la amputación se optó por introducir el valor de 65mm y no de 69,9mm para que la pieza de la articulación de la rodilla y el socket tuvieran más soporte y fueran más resistentes. Con la variable del peso del animal se modifica el espesor de las paredes de las piezas de la prótesis, sin embargo este debe ser modificado manualmente y no mediante la introducción de variables en el programa como en el caso de las otras medidas.

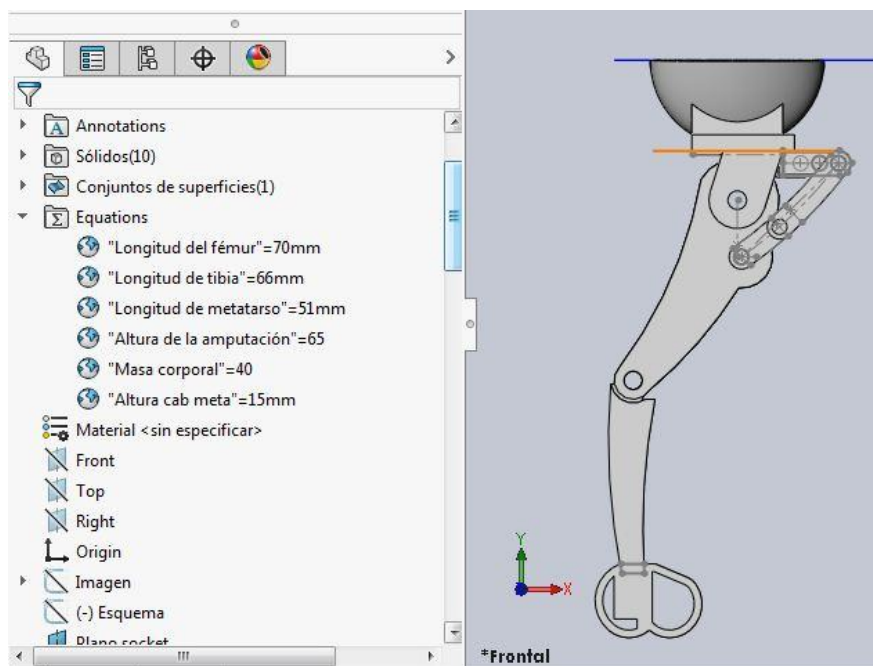


Figura 47. Variables independientes introducidas en el programa SolidWorks

Fuente: Elaboración propia

D. Introducción de datos en el software SolidWorks y generación del molde para el soporte de la prótesis

Con los datos recogidos para el diseño del soporte de la prótesis se procedió también a ingresar los valores de las variables en el programa SolidWorks para generar el molde a medida para Luna (Figura 48)

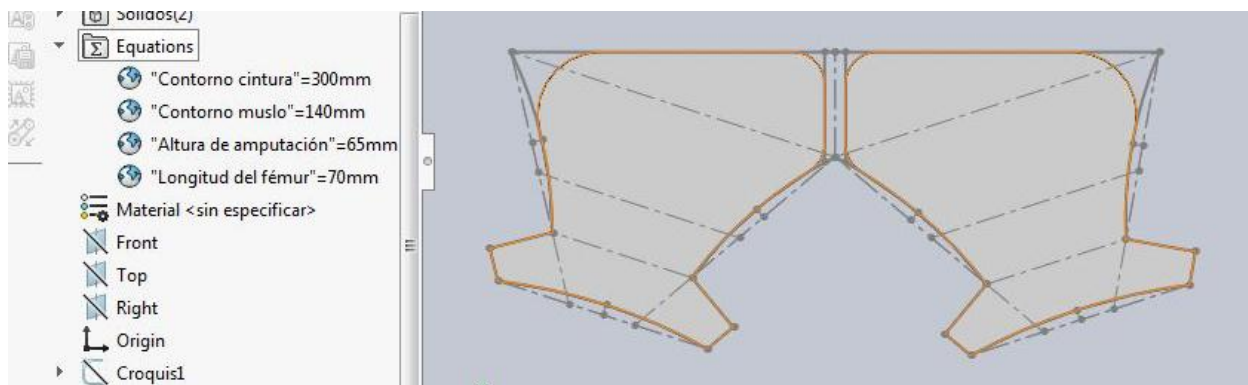


Figura 48. Molde para soporte de prótesis

Fuente: Elaboración propia

E. Impresión y ensamble de la prótesis

Después de que el modelado se adaptó al paciente, se realizó la impresión 3D y el ensamble de la pieza. A continuación se presentan unas imágenes de las piezas impresas y ensambladas.

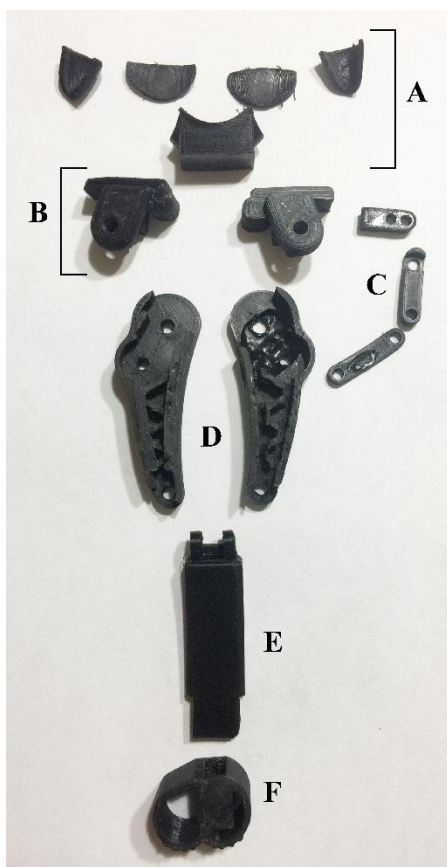


Figura 49. Piezas impresas de la prótesis

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 49 se pueden observar las piezas impresas que componen la prótesis. Las piezas del grupo “A” son las piezas que componen el socket y que se unen y sujetan con el textil elástico, las piezas “B” son las que conforman el punto articular de la rodilla, las piezas “C” son el mecanismo de cuatro barras, las piezas “D” conforman la pieza final referenciada en la tibia, la



pieza “E” es la pieza referenciada en el metatarso y la pieza “F” es la pieza que simula las falanges y la única que va impresa en el material elástico TPU.



Figura 50. Ubicación de los resortes de torsión en la prótesis

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 50 se pueden observar la mayoría de las piezas ensambladas, no están ensambladas todas las piezas con el fin de que se pudiera apreciar la ubicación de los resortes de torsión en cada punto articular de la prótesis. En la Figura 51 se muestra la manera en que las piezas de la prótesis que no se unen por medio de tornillos se ensamblan y en la Figura 52 se puede observar ya la prótesis ensamblada en su totalidad, se observa el ensamble del mecanismo de cuatro barras y los puntos articulados por medio de tornillos.



Figura 51. Mecanismos de ensamble de las piezas que componen la prótesis

Fuente: Elaboración propia



Figura 52. Prótesis con todas las piezas ensambladas

Fuente: Elaboración propia

F. Prueba de uso

Con la prótesis ya ensamblada se procedió a realizar una prueba de uso con el paciente. En la Figura 53 se puede observar cómo se le colocó la prótesis al canino y posteriormente se le puso el soporte de la prótesis que se fijó al arnés comercial. A pesar de que el proceso de adaptación a la prótesis requiere de tiempo, en este primer momento de uso se pudo observar una intención de apoyo de la prótesis por parte del paciente (imagen arriba a la derecha) y se verificó que la prótesis coincidía dimensionalmente con el miembro colateral.



Figura 53. Secuencia de uso: Fijación de la prótesis, soporte de la prótesis y arnés



Figura 54. Prueba de uso durante la marcha

Se realizó también una prueba de uso durante la marcha (Figura 54), el desplazamiento del canino fue corto durante la primera prueba de uso, pero se observó que el mecanismo de los resortes de torsión permite una postura natural al momento de la marcha (imagen de la izquierda) y que la prótesis no causó lesiones físicas en el muñón durante el uso. En la imagen de la derecha se puede observar que la postura del canino cuando se encuentra de pie mejoró debido a que no se observan alineaciones anormales en el miembro colateral y la prótesis se ubica de manera paralela al miembro colateral y a los miembros anteriores.

17. Conclusiones

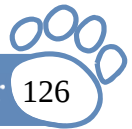
El desarrollo del proceso metodológico que surge de cada objetivo planteado y el desarrollo de la propuesta hasta el punto de avance alcanzado han permitido llegar a las siguientes conclusiones.

- El bajo desarrollo de elementos ortopédicos para caninos en el país dificultó el estudio a detalle de ayudas técnicas y de casos de caninos con amputación a los que se les haya adaptado prótesis, también se encontraron limitaciones en el acceso a información sobre temas relacionados con los caninos en general, que gracias a las entrevistas con los veterinarios pudieron abordarse más a fondo. Las asesorías por parte de los veterinarios durante el proceso de diseño y la observación y análisis realizados en la evaluación de movimiento aportaron información que fue de importancia para realizar el diseño de la prótesis.
- El enfoque que, desde el diseño industrial, se le dio a proyecto posibilitó dar una mirada más a fondo al paciente y su relación con el producto y el contexto, lo que permitió identificar necesidades que debían ser tenidas en cuenta para lograr la movilidad eficiente y, posteriormente, a considerar detalles ergonómicos, funcionales y de producción en la propuesta diseñada que permitieron alcanzar los objetivos en la medida del avance del proyecto.
- Por medio del socket segmentado que permite un mejor acople del socket al muñón, los puntos articulares y el soporte del socket se cumple el objetivo de diseñar una prótesis que le permita al canino movilizarse de manera eficiente cumpliendo los componentes planteados: el funcional para que la prótesis no sólo sirva de apoyo como las revisadas en el estado de la técnica, sino que se acerque a cumplir la función del miembro de dar impulso durante la marcha y generar un movimiento más natural que no implique riesgos en la salud física del canino; el ergonómico, que a través del componente funcional minimiza los riesgos en la salud física y gracias al socket que se adapta al muñón del paciente se genera un acople cómodo y seguro, pues no va a moverse o a generar lesiones cuando el perro lo esté usando; y el de adaptabilidad, en la parte del muñón y de la prótesis en sí, que es diseñada a la medida de cada canino por medio de un diseño parametrizado en el que se introducen las medidas del



paciente. Se cumple también con el componente económico por medio de la parametrización del diseño y las tecnologías de impresión 3D aplicadas al proyecto que permiten fabricar prótesis más económicas que las importadas.

- Por medio del uso de prótesis que le permitan al canino movilizarse de manera eficiente, se están alcanzando los valores positivos de los indicadores de bienestar animal desde el marco de la salud física pues con el uso de la prótesis se evita que el canino adopte posturas y alineaciones inadecuadas ya que no se debe hacer la compensación de peso que se hacía cuando había un miembro amputado porque existe un cuarto punto de apoyo (el caso de la postura “trípode” en condición estática y en dinámica), se evita la sobre flexión y extensión de la columna durante la marcha y movimientos articulares perjudiciales para su salud física (como en el caso de las prótesis no articuladas) ya que la prótesis articulada permite generar el impulso que el perro requiere durante la marcha, los niveles de actividad se ven incrementados porque al contar con otro apoyo el gasto energético se minimiza y todo lo anterior se ve reflejado en la prevención de lesiones físicas.
- A pesar de que el proceso de adaptación a la prótesis por parte del canino requiere de tiempo, en la prueba de uso realizada se observaron cambios inmediatos en la postura del canino cuando se encuentra de pie y durante la marcha; dichos cambios minimizan el riesgo de lesiones físicas en el canino y aumentan los valores positivos de indicadores de la salud física como actitud corporal, movilidad y condición corporal (postura).
- La posibilidad de utilizar tecnologías disponibles en nuestro contexto y materiales de alta calidad a precios asequibles para un gran porcentaje de la población, junto con la propuesta de diseño que puede ser adaptada a cualquier canino, aportan de manera significativa al desarrollo del sector de ayudas técnicas para los caninos en el país que tiene como objetivo garantizar el bienestar animal de los que ahora son considerados parte de nuestras familias.



18. Bibliografía

- 4 Patas. (n.d.). Prótesis para extremidades de perros y gatos. *4 Patas*. Retrieved from <http://www.4patas.com.co/perros/salud/articulo/protesis-para-extremidades-de-perros-y-gatos/2405>
- Abreu, E. (2011a). Articulación miembro pelviano comparada. Retrieved July 25, 2017, from <https://es.slideshare.net/bibliohatillounefm/articulacin-miembro-pelviano-comparada>
- Abreu, E. (2011b). Articulación miembro torácico comparada. Retrieved July 25, 2017, from <https://es.slideshare.net/bibliohatillounefm/articulacin-miembro-torcico-comparada>
- Aguilar, M. A. (2017). *La Relación Humano-Animal de Compañía como un fenómeno sociocultural . Perspectivas para la*.
- Arango, C. (2016). Mercado de mascotas crece, Colombia es cuarto en América Latina. *El Colombiano*. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/cultura/mascotas/mascotas-mercado-crece-en-colombia-un-13-por-ciento-IX5202497>
- Ávila, R. (2016). Mascotas en Colombia: cariño con millones. *Dinero*. Retrieved from <http://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/mascotas-en-colombia-carino-con-millones-por-raul-avila/224703>
- Be-vet veterinaria. (2017). Escala BIOARTH funcional de la cadera. Retrieved July 27, 2017, from <https://be-vet.com/servicios/escalabioarth/cadera/Escala-BIOARTH-funcional-de-la-cadera>
- Bertolini Diaz, D. M. (2014a). *EVALUACION DEL BIENESTAR ANIMAL EN PERROS (Canis lupus familiaris) ATENDIDOS POR EL CENTRO DE SALUD VETERINARIA EL ROBLE Y SU RELACION CON LA CALIDAD DE VIDA DE SUS RESPONSABLES*. UNIVERSIDAD DE CHILE.
- Bertolini Diaz, D. M. (2014b). *Evaluación del bienestar animal en perros (Canis lupus familiaris) atendidos por el centro de salud veterinaria el roble y su relación con la calidad de vida de sus responsables*.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (Octava edición)*. (McGraw-Hill Interamericana, Ed.). Mexico, DF: McGraw-Hill Interamericana. Retrieved from <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>
- Carrillo Sarria, J. L. (2015, September 18). Las mascotas y su cuidado, un renglón económico que ha cobrado protagonismo. *El País*. Cali. Retrieved from <http://www.elpais.com.co/cali/las-mascotas-y->

su-cuidado-un-renglon-economico-que-ha-cobrado-protagonismo.html

Congreso República de Colombia. (1989). Ley 84 de 1989. Retrieved May 29, 2017, from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8242>

Congreso República de Colombia. (2016). LEY No 1774 de enero 6 de 2016. Retrieved from [http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY 1774 DEL 6 DE ENERO DE 2016.pdf](http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY_1774_DEL_6_DE_ENERO_DE_2016.pdf)

Del Cañizo, P. (n.d.). Necesidades básicas. Retrieved May 30, 2017, from http://www.edu.mec.gub.uy/hidatidosis/necesidades_bsicas.html

Díaz Videla, M. (2015). El miembro no humano de la familia : las mascotas a través del ciclo vital familiar. *Revista Ciencia Animal*, 9, 83–98.

Encyclopaedia britannica. (n.d.). Pet (Animal). Retrieved May 28, 2017, from <https://www.britannica.com/animal/pet>

Fariña, J., & Smith, F. (2016a). Capítulo 2: Anatomía. In Federación Argentina Cinológica (Ed.), *Manual ilustrado de cinología*. (pp. 13–36). Buenos aires. Retrieved from https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

Fariña, J., & Smith, F. (2016b). Capítulo 3: Movimiento. In F. A. Cinológica (Ed.), *Manual ilustrado de cinología*. (pp. 37–50). Buenos aires. Retrieved from https://issuu.com/dariocuba/docs/manual_2016__1_

Fernández Sarmiento, J. A. (2004). Amputación de miembros torácico y pelviano en perro.

Filament2print S.L. (n.d.). HR-PLA 3D870. Retrieved December 12, 2017, from <https://filament2print.com/es/pla-especial/838-hr-pla-3d870.html>

Ghezzi, M., Castro, A., Islas, S., Dominguez, T., & Carrica, M. (2010). Generalidades de la artrología. Retrieved from http://www.academia.edu/7289616/GENERALIDADES_DE_ARTROLOGIA

Gil, A. F., & Alvarez, D. C. (2011). *Caracterización del mercado de fabricación y distribución de fajas en las ciudades de: Bogotá, Medellín, Envigado, Itagüi, Cali, Tulúa, Yumbo, Armenia, Pereira, Manizales y Barranquilla*. Retrieved from <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/1999/6588G463.pdf?sequence=1>

Gorgues, J. (2006). Calidad del neopreno utilizado en la ortopedia, 25, 97–99.

Lorenz, K. (1976). *Cuando el hombre encontró al perro* (Círculo de). Colombia.

- Lubrizol. (n.d.). Qué es TPU. Retrieved November 23, 2017, from <https://espanol.lubrizol.com/Engineered-Polymers/Products/What-is-TPU>
- Manteca, X, Mainau, E y Temple, D. (2012). ¿ Qué Es El Bienestar Animal ? *Farm Animal Welfare Education Center*.
- Mecapedia. (2013). Ley Grashof. Retrieved November 29, 2017, from http://www.mecapedia.uji.es/ley_de_Grashof.html
- Millan, C. (2007). *El encantador de perros*. Cuatro. Retrieved from <http://opac.univalle.edu.co/cgi-olbib/?infile=details.glu&luid=736238&rs=3119220&hitno=1>
- Mokate, K. M. (2001). Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir? Retrieved from <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/1193/Eficacia%2C%20eficiencia%2C%20equidad%20y%20sostenibilidad%20-%20¿qué%20queremos%20decir%3F%20I-24%29.pdf?sequence=1>
- Moreira, V., & Panasiuk, A. (n.d.). Valoración articular. Retrieved from [http://www.ergofisa.com/docencia/V Articular.cap 2. 2008.pdf](http://www.ergofisa.com/docencia/V%20Articular.cap%202.%202008.pdf)
- OIE. (2014). Introducción a Las Recomendaciones Para El Bienestar de los Animales, 1–2. Retrieved from http://www.oie.int/index.php?id=169&L=0&htmfile=chapitre_aw_introduction.htm
- Organización mundial de la salud. (2016). Lista de ayudas técnicas prioritarias. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/207697/1/WHO_EMP_PHI_2016.01_spa.pdf
- Organización Mundial de la Salud., & Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Clasificación internacional del funcionamiento, de la discapacidad y de la salud : CIF : versión abreviada*. Instituto de Mayores y Servicios Sociales.
- OrthoPets. (n.d.-a). Formularios de cliente. Retrieved November 24, 2017, from <https://orthopets.com/getting-started/forms/>
- OrthoPets. (n.d.-b). Prótesis pélvica para perros. Retrieved October 27, 2017, from <https://orthopets.com/brace-and-prosthetic-solutions/pelvic-hind-limb-prosthetics/>
- OrtoCanis. (n.d.). Silla de ruedas para perros. Todos los tamaños. Retrieved September 11, 2017, from <http://www.ortocanis.com/es/home/103-sillas-de-ruedas-para-perros.html>
- Osorio, L. J. (2009). MÓDULO DE AMPUTADOS. *El Portal de La Salud*, 1–28. Retrieved from <http://www.elportaldelasalud.com>
- Paramio Miranda, A. (2010). *Psicología del aprendizaje y adiestramiento del perro*. Ediciones Díaz de

Santos.

Querejeta González, M. (2003). Discapacidad/Dependencia. *Discapacidad/Dependencia: Unificación de Criterios de Valoración Y Clasificación*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Rodriguez Ricco, R. (n.d.). Biomecánica (perros). *Formación Continuada*, 42–43.

Romero Salazar, P. D. (2016). *Una patita, una vida: Diseño de prótesis para extremidades caninas e identidad visual para su comerciaización*. Universidad de las Américas.

Samitier, C. B., Guirao, L., Pleguezuelos, E., Pérez Mesquida, M. E., Reverón, G., & Costea, M. (2011). Valoración de la movilidad en pacientes con amputación de miembro inferior. *Rehabilitacion*, 45(1), 61–66. <https://doi.org/10.1016/j.rh.2010.09.006>

Santoscoy Mejía, E. C. (2008). *Ortopedia, neurología y rehabilitación en pequeñas especies perros y gatos* (El manual). México. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=lzDHCQAAQBAJ&pg=PA38&lpg=PA38&dq=rango+de+m ovimiento+articular+perros&source=bl&ots=3qoAlo87L3&sig=ysPHz1JsTRGSXKWA-4kR-JYWa2U&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjTjPXym6bVAhVCLSYKHavRDhsQ6AEIXzAN#v=onepage&q=rango de movimiento ar>

Torres, A., & Sanhueza, O. (2006). Modelo estructural de enfermería de calidad de vida e incertidumbre frente a la enfermedad., (1), 9–17. Retrieved from <http://www.scielo.cl/pdf/cienf/v12n1/art02.pdf>

Undos3d. (n.d.). ¿Qué es la impresión 3D? Retrieved November 23, 2017, from <http://blog.undos3d.com/2013/11/que-es-la-impresion-3d/>

Universidad Friedrich Schiller de Jena. (2009). Estudio de perros mutilados para mejorar el diseño de robots, 2–3.

Unocero. (2016). Ella es Romina, la primera perrita en usar una prótesis impresa en 3D en México. Retrieved October 28, 2017, from <https://www.unocero.com/noticias/ciencia/ella-es-romina-la-primera-perrita-en-usar-una-protesis-impresa-en-3d-en-mexico/>

Urzúa, A. (2010). Calidad de vida relacionada con la salud: Elementos conceptuales Health related quality of life: Conceptual elements. Retrieved from <http://www.scielo.cl/pdf/rmc/v138n3/art17.pdf>

Valadez Azúa, R. (2003). *La domesticación animal* (Plaza y Va). México D.F.

Vargas Sánchez, J. S. (2014). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PRÓTESIS PARA EXTREMIDAD CANINA*. Universidad Nacional Autónoma de México.



Whoqol Bref. (1996). WHOQOL-BREF Introduction, administration, scoring and and generic version of the assessment. Retrieved from http://www.who.int/mental_health/media/en/76.pdf

Wiseman-Orr, M. L. (2005). Wiseman-Orr, Margaret Lesley (2005), 1–87.



19. Anexos

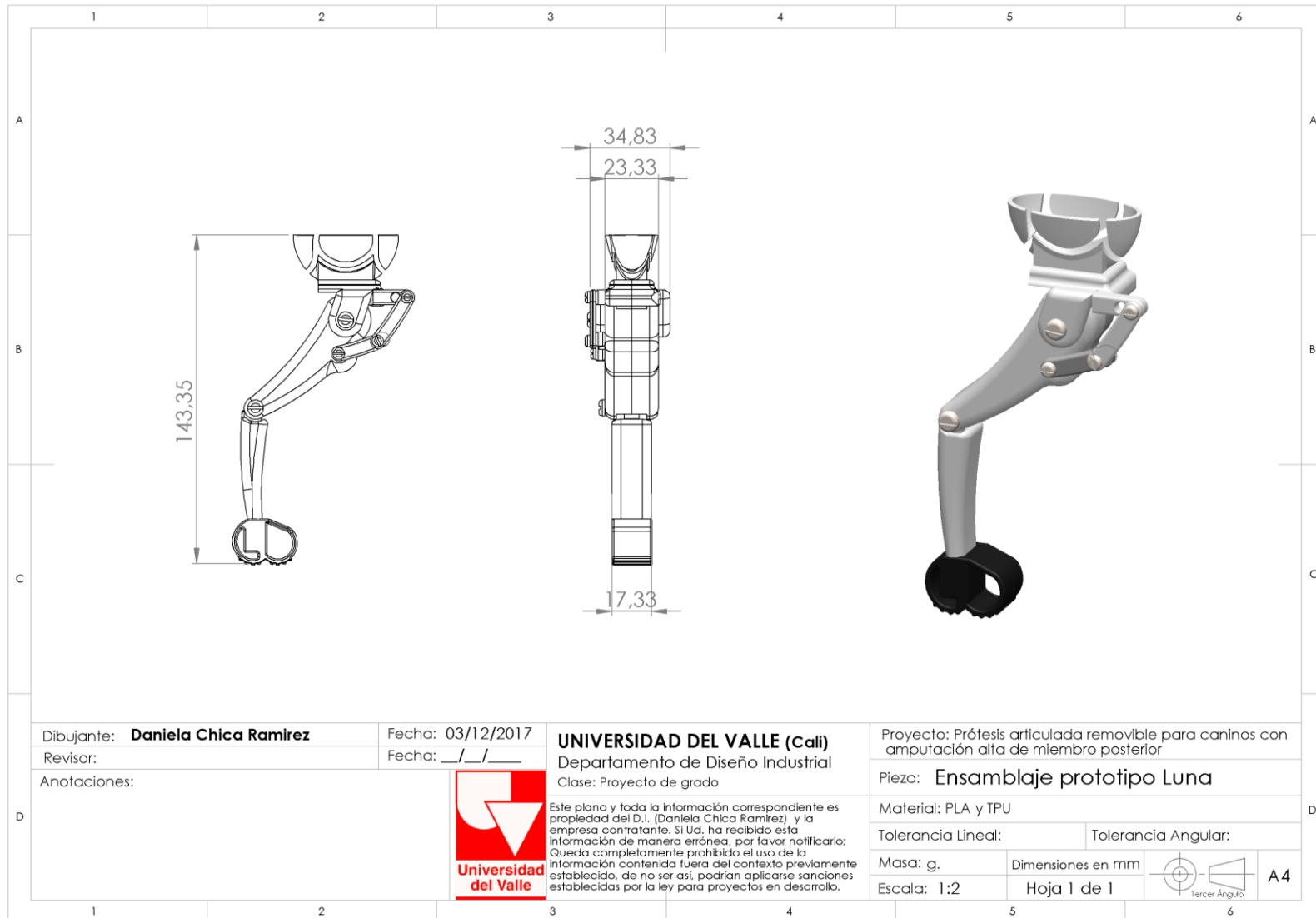
Anexo 1. Videos de evaluación de movimiento de Luna

- Video 1. Postura desde la vista superior
- Video 2. Postura vista lateral 1
- Video 3. Postura vista lateral 2
- Video 4. Postura vista posterior 1
- Video 4. Postura vista posterior 2

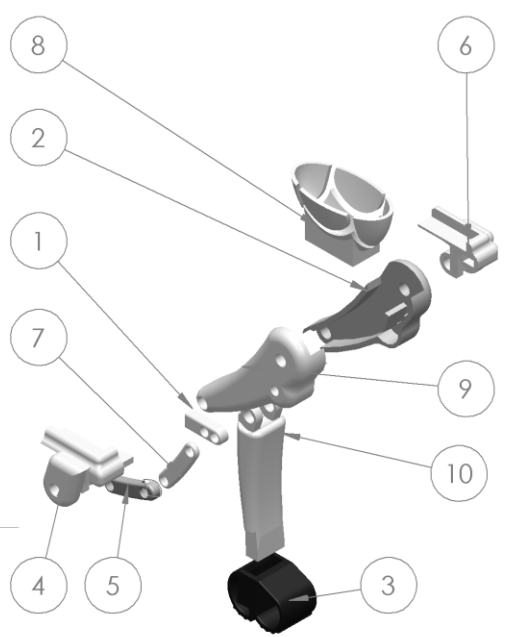
Anexo. 2. Ejes temáticos tratados en las entrevistas a los veterinarios

1. ¿Existen consecuencias en la salud física de un canino cuando le falta una extremidad?
2. ¿La falta de una extremidad conlleva a más riesgos que otra?
3. Casos exitosos de perros que se adaptan a las prótesis removibles de miembro y razones por las que es posible que no se adapten a las prótesis.
4. ¿Qué prótesis se le adaptan a los caninos en nuestro contexto? (marcas)
5. ¿Todos los caninos son candidatos al uso de prótesis?
6. Documentación acerca de las medidas anatómicas de los caninos
7. ¿Existen relaciones entre las medidas anatómicas de los caninos?
8. ¿Cómo se deben tomar las medidas anatómicas a los caninos?
9. Biomecánica de las articulaciones de los miembros
10. ¿En qué consiste la rehabilitación de un canino amputado?
11. ¿Qué es lo que más afecta al canino en el proceso de rehabilitación?

Anexo 3. Planos de la propuesta de diseño



1		2		3		4		5		6	
#	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	TIPO	CANTIDAD						
1	Palan 1	Palanca 1 del mecanismo de cuatro barras	PLA	Especial	1	A					
2	Tibia 1	Pieza de la tibia	PLA	Especial	1						
3	Falanges	Pieza de las falanges	TPU	Especial	1						
4	Rodilla 2	Pieza en donde está la articulación de la rodilla	PLA	Especial	1						
5	Palan 3	Palanca 3 del mecanismo de cuatro barras	PLA	Especial	1						
6	Rodilla 1	Pieza en donde está la articulación de la rodilla	PLA	Especial	1	B					
7	Palan 2	Palanca 2 del mecanismo de cuatro barras	PLA	Especial	1						
8	Socket 1	Socket segmentado	PLA	Especial	1						
9	Tibia 2	Pieza de la tibia	PLA		1						
10	Meta	Pieza del metatarso	PLA		1						
11	Tornillo Est cabeza redonda 5/32 x 2 1/2"	Tornillo para la articulación de las piezas tibia-rodilla y tibia-metatarso	Zinc	Comercial	2	C					
12	Tornillo Est cabeza redonda 1/8 X 1/2"	Tornillo para articular las piezas del mecanismo de cuatro barras	Zinc	Comercial	3						
13	Tuerca hexagonal 5/32"		Zinc	Comercial	2						
14	Tuerca hexagonal 1/8"		Zinc	Comercial	3						
15	Resorte de torsión recta	Ubicado en los puntos articulares de la tibia Calibre 0,8mm, diámetro 5,4 mm, 2 espiras		Comercial	2						



Dibujante: Daniela Chica Ramirez		Fecha: 03/12/2017
Revisor: D.I. / C.S.W.P. Antonio C. Ramirez G.		Fecha: _/_/_
Anotaciones:		



UNIVERSIDAD DEL VALLE (Cali)
Departamento de Diseño Industrial
Clase: Informática VII

Este plano y toda la información correspondiente es propiedad del D.I. (Daniela Chica Ramirez) y la empresa contratante. Si Ud. ha recibido esta información de manera errónea, por favor notificarlo; Queda completamente prohibido el uso de la información contenida fuera del contexto previamente establecido, de no ser así, podrían aplicarse sanciones establecidas por la ley para proyectos en desarrollo.

Proyecto:	
Pieza: Ensamblaje prototipo Luna	
Material:	
Tolerancia Lineal:	Tolerancia Angular:
Masa: g.	Dimensiones en mm
Escala: 1:2	Hoja 2 de 2

		A4

