



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FUNCIONAL PARA EL
DESARROLLO DE UN SERVICIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ELEMENTOS
DE SOPORTE EXTERNO CON TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN EN TRES
DIMENSIONES, PARA DISCAPACIDADES EN EXTREMIDADES CANINAS**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

**Como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

REALIZADO POR

Benzaquen Suñé, Viviane Flor

Núñez García, Ray Robinson

TUTOR ACADÉMICO

Ing. De Gouveia García, Joao B

FECHA

octubre 2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FUNCIONAL PARA EL
DESARROLLO DE UN SERVICIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ELEMENTOS
DE SOPORTE EXTERNO CON TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN EN TRES
DIMENSIONES, PARA DISCAPACIDADES EN EXTREMIDADES CANINAS**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

**Como parte de los requisitos para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

REALIZADO POR

Benzaquen Suñé, Viviane Flor

Núñez García, Ray Robinson

TUTOR ACADÉMICO

Ing. De Gouveia García, Joao B

FECHA

octubre 2015

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Industrial

Trabajo Especial de Grado

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FUNCIONAL PARA EL
DESARROLLO DE UN SERVICIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ELEMENTOS
DE SOPORTE EXTERNO CON TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN EN TRES
DIMENSIONES, PARA DISCAPACIDADES EN EXTREMIDADES CANINAS**

octubre 2015

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, queremos agradecer a D.os por TODO.

A nuestras familias por ser una fuente incondicional de apoyo y por haber confiado en nosotros en cada una de las decisiones tomadas a lo largo del ciclo universitario, sin ellos no hubiera sido posible la elaboración de este trabajo especial de grado.

Más que un tutor, el tercer integrante del equipo, ingeniero Joao De Gouveia, quien confió en nosotros desde un principio. Su orientación y consejos fueron fundamentales en todo momento, pues nos impulsó a ir por más y no ser conformistas. Culminamos esta etapa importante de nuestras vidas con la seguridad de que contaremos con el apoyo incondicional de un buen amigo.

A la doctora Almendra Terrero Rebrij, por las innumerables horas que pasamos al teléfono, sus conocimientos y absoluta disposición fueron piezas claves para la elaboración de este proyecto.

A la doctora Adelina Granado, quién nos orientó en todo lo referente a la ortopedia canina; sus consejos fueron esenciales para la fabricación del elemento de soporte.

Al licenciado Robin Pérez, quien de forma desinteresada nos apoyó, brindó sus conocimientos y nos indicó que para ser un emprendedor sólo hace falta tener una idea y las ganas de hacerla realidad.

A Ann González, su asombrosa labor fue una gran fuente de inspiración, pues nos enseñó que una pequeña ayuda puede significar un gran cambio para los más necesitados; “No a la eutanasia por discapacidad”.

Por último pero no menos importante, a nuestra alma mater, la Universidad Católica Andrés Bello, quién durante años nos formó como profesionales integrales en búsqueda de la excelencia, dispuestos a innovar y generar un impacto positivo en la sociedad.

“EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FUNCIONAL PARA EL DESARROLLO DE UN SERVICIO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE SOPORTE EXTERNO CON TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN EN TRES DIMENSIONES, PARA DISCAPACIDADES EN EXTREMIDADES CANINAS”

Realizado por: Viviane Flor Benzaquen Suñé
Ray Robinson Nuñez García

Tutor Académico: Ing. Joao B. De Gouveia García

Fecha: octubre 2015

RESUMEN

En el presente trabajo especial de grado se evaluó la factibilidad del desarrollo de un servicio de diseño y fabricación de aparatos ortopédicos para extremidades de pacientes caninos, utilizando la tecnología de impresión en tres dimensiones.

Debido a que actualmente en Venezuela, la posibilidad de adquirir un elemento de soporte externo para pacientes caninos es limitada a la fabricación artesanal o a la importación, surge la necesidad de crear un servicio profesional que ayude a los animales con discapacidad a mejorar su calidad de vida, proporcionando aparatos ortopédicos que se ajusten a las necesidades de cada paciente.

En función de la caracterización de los elementos de soporte disponibles en el mercado nacional e internacional, encuestas exploratorias realizadas en la región capital, estadísticas suministradas por un centro veterinario y además, con base en diversas entrevistas no estructuradas con expertos en materias como la impresión en tres dimensiones y la veterinaria canina, se definieron los factores técnicos y parámetros que condicionaron el diseño de los elementos de soporte.

Apoyados en dichos factores y parámetros, se diseñó un prototipo utilizando una aplicación CAD 3D, donde previamente se escanearon los moldes de yeso de los miembros anteriores del sujeto de estudio de esta investigación, con el fin de fabricar una pieza completamente personalizada que se adaptara a las necesidades del paciente. Una vez comprobado que es posible diseñar y fabricar un elemento de soporte por medio de la tecnología de impresión en tres dimensiones, se procedió a desarrollar los procesos requeridos para llevar a cabo el servicio propuesto.

Finalmente se establecieron los recursos necesarios que aplicarían en la implementación del servicio, donde se determinó que el precio a pagar por un elemento de soporte no es de mayor relevancia debido a que es un mercado tipo emocional dispuesto a pagar lo que ofrezca el mercado, demostrando así que el servicio propuesto pudiera ser viable.

Con el presente trabajo especial de grado se pudo demostrar la capacidad que poseen los Ingenieros Industriales para diseñar y fabricar nuevos productos empleando la manufactura asistida por computadora.

Palabras claves: Elementos de soporte, Servicio, Diseño, Impresión 3D, Discapacidad

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. El Problema	3
1.2. Objetivos	8
1.2.1. Objetivo General	8
1.2.2. Objetivos Específicos	8
1.3. Alcances	8
1.4. Limitaciones	9
CAPÍTULO II	10
2. MARCO REFERENCIAL	10
2.1. Antecedentes	10
2.2. Morfología de las Extremidades Caninas	11
2.2.1. Miembro Anterior	11
2.2.2. Miembro Posterior	12
2.3. Definiciones y Términos Básicos Relacionados con el Estudio	13
2.3.1. Prótesis	13
2.3.2. Órtesis	15
2.3.3. Dibujo Asistido por Computadora	15
2.3.4. “Prototipado” Rápido	15
2.3.5. Impresora 3D	16
2.3.6. Tipos de tecnología de Impresión 3D	16
2.3.7. Modelado por Deposición Fundida	17
2.3.8. Archivo STL	17
2.3.9. Termoplástico	18
2.3.10. Materiales termoplásticos para impresión 3D	18
2.3.11. Modelador Bizagi	19
2.3.12. Producto	19
2.3.13. Servicio	20
2.3.14. Herramientas a utilizar	20

2.3.15. Aportes de los expertos consultados	20
Tipos de tecnología de Impresión 3D	20
CAPITULO III	22
3. MARCO METODOLÓGICO	22
3.1. Tipo de Investigación	22
3.1.1. Propósito de la Investigación	22
3.1.2. Nivel de la Investigación.....	22
3.1.3. Diseño de la Investigación	23
3.2. Técnicas e Instrumentos	24
3.3. Metodología Delphi	25
CAPÍTULO IV.....	26
4. ESTUDIO TÉCNICO FUNCIONAL.....	26
4.1. Caracterización de los elementos de soporte para extremidades de pacientes caninos	26
4.2. Lesiones y patologías que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos.....	35
4.3. Factores y parámetros técnicos que condicionan el rediseño de los elementos de soporte.....	39
4.4. Desarrollo del Prototipo.....	44
4.5. Procesos requeridos en el servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte	53
4.6. Recursos que aplicarán en la implementación del servicio propuesto	60
CAPÍTULO V.....	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1. Conclusiones	62
5.2. Recomendaciones	64
BIBLIOGRAFÍA	66

Figura 1. Prótesis de plástico termo moldeable e interior de goma espuma. (Vista trasera).....	4
Figura 2. Prótesis de plástico termo moldeable e interior de goma espuma. (Vista de perfil).....	4
Figura 3. Silla de ruedas fabricada con materiales reciclados.....	5
Figura 4. Prótesis realizada con materiales reciclados por “Proyecto Nala”.....	5
Figura 5. Esterilizaciones de 2006 hasta el 2010.....	7
Figura 6. Tipo de pie canino	12
Figura 7. Miembro delantero y miembro posterior canino	13
Figura 8. Endoprótesis de Cadera	14
Figura 9. Exoprótesis canina realizada con tecnología de impresión 3D	14
Figura 10. Soporte para la articulación del tarso metatarso falángica.....	15
Figura 11. Elementos de soporte externo para miembros anteriores y posteriores caninos en el mercado actual.....	27
Figura 12. Porcentaje de los elementos de soporte según el número de pacientes....	37
Figura 13. Diagrama de Pareto de los elementos de soporte más utilizados según el número de pacientes.....	38
Figura 14. Parámetros y factores técnicos que condicionan el rediseño de los elementos de soporte.....	40
Figura 15. Sujeto de Estudio	44
Figura 16. Miembros anteriores del sujeto de estudio.....	44
Figura 17. Moldes de vendas sintéticas de los miembros anteriores.	45
Figura 18. Copias de yeso de miembros anteriores.....	45
Figura 19. Brazo Digitalizador “Microscribe MLX”	45
Figura 20. Muestras de ABS.....	46
Figura 21. Muestras impresas en el laboratorio de la Universidad Católica Andrés Bello	47
Figura 22. Curvas generadas a partir de las nubes de puntos.....	50
Figura 23. Estructura diseñada con aplicación CAD-3D	50
Figura 24. Estructura en formato STL.....	51
Figura 25. Incorporación de forro interno y accesorios a la estructura del elemento de soporte.....	52
Figura 26. Modelo del servicio de diseño y fabricación.....	56
Figura 27. Etapa de estudios veterinarios.....	57
Figura 28. Etapa de Diseño y Fabricación.....	58
Figura 29. Proceso de Impresión.....	59
Figura 30. Etapa de entrega y seguimiento.....	59

Tabla 1. Esterilizaciones RAC y RAC indirectas.	7
Tabla 2. Trabajos Especiales de Grado previos tomados en cuenta para la elaboración del caso de estudio.	10
Tabla 3. Herramientas a utilizar en el trabajo de investigación.....	20
Tabla 4. Aportes de los expertos consultados durante la investigación.....	20
Tabla 5. Caracterización de las sillas de ruedas disponibles en el mercado.	28
Tabla 6. Caracterización de las prótesis disponibles en el mercado.	29
Tabla 7. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (1).	30
Tabla 8. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (2).	31
Tabla 9. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (3).	32
Tabla 10. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (4).	33
Tabla 11. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (5).	34
Tabla 12. Estadísticas del Centro de Rehabilitación y Fisioterapia Veterinaria REHABIVET del año 2012 al 2014.....	36
Tabla 13. Datos de las piezas utilizadas en el primer experimento.	46
Tabla 14. Resultados Obtenidos.....	47
Tabla 15. Datos de las piezas utilizadas en el segundo experimento.....	48
Tabla 16. Resultados Obtenidos.....	48
Tabla 17. Costos asociados a la fabricación del prototipo.....	60

INTRODUCCIÓN

Los elementos de soporte externo también denominados órtesis, prótesis o sillas de ruedas, son aparatos médicos diseñados especialmente para el tratamiento de discapacidades en diferentes zonas del cuerpo. Con frecuencia dichos aparatos son utilizados en las extremidades con el objetivo de corregir malformaciones, sustituir miembros faltantes, o bien, ayudar y favorecer la movilidad del cuerpo.

En los últimos años, se ha evidenciado el auge del desarrollo de elementos de soporte externo en animales, desde aparatos sencillos fabricados con materiales reciclados, hasta aquellos de fabricación más compleja realizados mediante el uso de tecnología avanzada como la impresión en tres dimensiones.

En Venezuela, actualmente no existe un ente u organización que preste un servicio profesional de diseño y fabricación de aparatos ortopédicos para animales, por lo cual, si una mascota sufre alguna lesión o patología tendrá la posibilidad de adquirir un aparato artesanal, estar forzada a adaptarse a la discapacidad o en última instancia ser sometida a un proceso de eutanasia.

El desarrollo un servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte externo para extremidades de pacientes caninos, ofrecerá una alternativa que podría mejorar la calidad de vida de las mascotas. La evaluación de la factibilidad técnica y funcional para el desarrollo de dicho servicio, empleando la tecnología de impresión en tres dimensiones, se podrá evidenciar en esta investigación.

El presente Trabajo Especial de Grado se encuentra estructurado en cinco capítulos que abarcarán el desarrollo de la investigación y una sección final correspondiente a la bibliografía consultada, la cual sirvió de apoyo para los aspectos conceptuales y los anexos que contienen información complementaria utilizada en este proyecto durante su desarrollo.

En el *Capítulo I* se desarrolla el planteamiento del problema, el por qué y para qué de la investigación, así como los objetivos necesarios para su realización (generales y específicos), la justificación de la investigación, sus alcances y limitaciones.

El *Capítulo II* contiene los conceptos y las bases teóricas necesarias para el desarrollo del proyecto, además de los antecedentes de la investigación.

En el *Capítulo III* se describe el tipo de investigación según el propósito, nivel y diseño, así como también las técnicas e instrumentos y la metodología aplicada para llevar a cabo el proyecto.

En el *Capítulo IV* se presenta la evaluación técnica y funcional para el desarrollo del servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte externo.

Finalmente, el *Capítulo V* presenta las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó con la realización de la investigación.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo está contenida la información concerniente al planteamiento del estudio a realizar, se explica detalladamente el problema, se plantean los objetivos así como también el alcance y las limitaciones de la investigación.

1.1. El Problema

En la actualidad se estima que la población de canes en el mundo es alrededor de 500 millones, según un censo llevado a cabo en 68 países por la Sociedad Mundial para la Protección de los Animales, sin embargo, uno de los expertos caninos internacionales más respetados, el científico Stanley Coren de la Universidad de Vancouver (Canadá), asegura que dicho valor está muy por debajo de la población real. (San Martín, 2014)

Al igual que los seres humanos, los perros también pueden sufrir de diferentes discapacidades que afectan su movilidad, ya sea por enfermedades, accidentes, factores hereditarios o genéticos. A pesar de que no se cuenta con una cifra concreta sobre la cantidad de animales con discapacidad, existen estadísticas manejadas por la Fundación Ortopédica para los Animales (Orthopedic Foundation for Animals, OFA), que certifican que las enfermedades más comunes que afectan las extremidades de los canes son: la displasia de caderas, displasia de codos, y dislocación de rótulas.

En países como Estados Unidos y España, empresas veterinarias como OrthoPet, Eddie's Wheels, Ortocanis y Ortopedia Canina, por nombrar algunas compañías, han diseñado distintos productos ortopédicos con el fin de mejorar la movilidad de los perros. Los productos ofrecidos por Eddie's Wheels, están en el rango de \$ 325,00 hasta \$600,00; donde las sillas de ruedas más tecnológicas pueden llegar a costar \$ 1.200,00. Ortocanis y Ortopedia Canina también ofrecen gran variedad de artículos de ortopedia para perros, cuyos precios pueden variar desde € 60,00 en elementos de soporte sencillos hasta € 1.600,00 en órtesis y prótesis más elaboradas.

Según numerosas consultas realizadas a veterinarios y algunas tiendas de mascotas, en Venezuela no existen compañías especializadas en la fabricación y diseño de elementos de soporte para discapacidad en mascotas, sin embargo, la Dra. Adelina Granado, quien es una veterinaria de consultorio privado, ha realizado distintos aparatos

con el apoyo de un agente especializado en la elaboración de prótesis para niños. Estas prótesis son realizadas con un plástico termo moldeable que actualmente no se consigue en el país. Estos productos, tenían un valor aproximado de Bs. 2.500,00 para el año 2014. Toda la información fue suministrada a través de una entrevista presencial no estructurada realizada el día 10 de enero de 2015, y en una entrevista no presencial (vía telefónica) el día 6 de abril de 2015; ambas realizadas a la Dra. Granado.



Figura 1. Prótesis de plástico termo moldeable e interior de goma espuma. (Vista trasera)
Fuente: Granado, Adelina (2015)



Figura 2. Prótesis de plástico termo moldeable e interior de goma espuma. (Vista de perfil)
Fuente: Granado, Adelina (2015)

Simultáneamente, existe una iniciativa sin fines de lucro conocida como Proyecto Nala, donde se elaboran sillas de ruedas artesanales y prótesis con materiales reciclados para perros y gatos con problemas en sus extremidades. Dichas sillas tienen un costo mínimo de Bs. 4.000,00 y un costo máximo aproximado de Bs. 8.000,00.



Figura 3. Silla de ruedas fabricada con materiales reciclados.
Fuente: González, Ann (2014)



Figura 4. Prótesis realizada con materiales reciclados por “Proyecto Nala”
Fuente: González, Ann (2015)

Según Ann González, directora de “Proyecto Nala”, en una entrevista no presencial (vía telefónica) el 22 de marzo de 2015, existen diversos casos de mascotas con discapacidad a lo largo de todo el país. Los dueños y distintas organizaciones sin fines de lucro de rescate de animales, han buscado su apoyo para realizar sillas de ruedas como vía para mejorar la calidad de vida de sus perros.

Debido a la falta de información sobre animales discapacitados en Venezuela, se realizó una encuesta exploratoria (Ver **Anexo 1**: Primera Encuesta Exploratoria) para determinar un porcentaje aproximado de perros con dicho problema. Esta encuesta se efectuó el día 17 de marzo de 2015 en la tienda de mascotas Todo Pets de La Castellana a 25 dueños de mascotas, dando como resultado una población de 56 canes, en donde alrededor del 11% de dicho grupo presentan discapacidad en sus extremidades. A su vez, todos los encuestados estarían dispuestos a pagar por una prótesis u órtesis para sus mascotas y la mayoría de ellos pagaría más de Bs. 15.000. A pesar de que los valores superaran dicho monto, los propietarios estarían dispuestos a pagar lo que ofrezca el mercado, ya que respondieron frases como: “Un perro es parte de la familia, pagaría lo que fuera por su bienestar” y “Reuniría para pagar lo necesario”. Dichas frases permiten concluir que el mercado es de tipo emocional y el precio a pagar por un elemento de soporte no sería de mayor relevancia, por lo que cualquier iniciativa podría tener éxito.

Actualmente, sólo se están fabricando sillas de ruedas realizadas por “Proyecto Nala”, sin embargo éstas no ofrecen total movilidad para los animales y es por ello que se crea la iniciativa de emprendimiento para establecer un servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte externo para solventar dicho problema.

Además, esta iniciativa podría considerarse pertinente dado a que los datos de esterilización proporcionados por la Red de Apoyo Canino (RAC) (**Ver Figura 5 y Tabla 1**), permiten concluir que el mercado de mascotas es un mercado en crecimiento, por ende, se podría asumir que la población de perros con discapacidad también podría aumentar y en un mercado tipo emocional, la posibilidad de una iniciativa de emprendimiento que permita la adquisición de un producto venezolano enfocado hacia las discapacidades en extremidades de pacientes caninos podría ser factible; la demostración de dicha factibilidad es la razón de ser de este estudio.

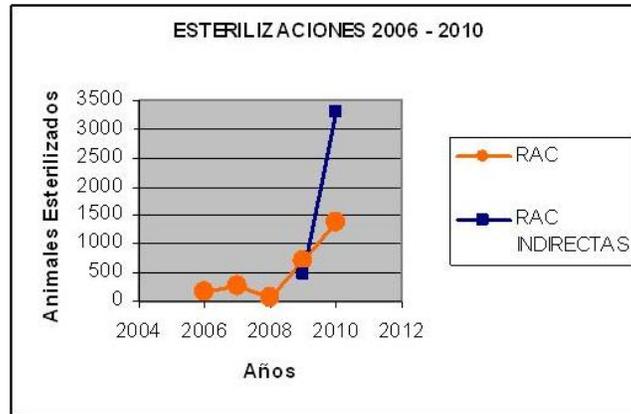


Figura 5. Esterilizaciones de 2006 hasta el 2010
Fuente: Red de Apoyo Canino (2014)

Tabla 1. Esterilizaciones RAC y RAC indirectas.
Fuente: Propia, información suministrada por Red de Apoyo Canino (2014)

Año	Esterilizaciones RAC	Esterilizaciones RAC Indirectas (Veterinarios en entrenamiento)
2010	1384	3296
2011	2121	-
2013	2136	-
2014	3431	8937

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar la factibilidad técnica y funcional para el desarrollo de un servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte externos con tecnología de impresión en tres dimensiones, para discapacidades en extremidades de pacientes caninos.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar los elementos de soporte para discapacidad en extremidades de pacientes caninos.
2. Identificar las lesiones y patologías que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos, viables para implementar elementos de soporte externo.
3. Analizar los factores técnicos que condicionan el diseño de los elementos de soporte considerados.
4. Determinar los parámetros de diseño de los elementos de soporte considerados.
5. Desarrollar prototipos.
6. Diseñar los procesos requeridos en el “servicio de diseño y fabricación” de elementos de soporte, con base en los factores considerados.
7. Establecer los recursos que aplicaran en la implementación del servicio propuesto.

1.3. Alcances

El presente Trabajo Especial de Grado estudiará la factibilidad técnico funcional para la iniciativa de emprendimiento del desarrollo de un servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte externo para extremidades en pacientes caninos.

A través de un diagrama, se mostraran los elementos de soporte externo más comunes y posteriormente se realizarán distintos cuadros descriptivos donde se detallarán las características de dichos elementos.

Se utilizará el método Delphi para identificar las enfermedades o lesiones que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos. Dicha información en conjunto con los resultados de encuestas y estudio del mercado, se emplearan para determinar los factores y parámetros asociados al posible servicio de diseño y fabricación.

Con los requerimientos antes expuestos y todos los factores asociados para la implementación del servicio, se procederá a diseñar solo un elemento de soporte utilizando una aplicación de diseño de CAD-3D.

Para determinar los recursos necesarios para implementar el servicio diseñado, se elaborará un cuadro descriptivo tomando en consideración todos los costos asociados.

1.4. Limitaciones

1. No existe un censo de la población de canes en Venezuela, ni un registro de datos sobre animales con discapacidad.
2. No se cuenta con los recursos necesarios para realizar una encuesta en el territorio nacional que proporcione datos suficientemente representativos sobre la población de perros con discapacidad en las extremidades.
3. Solo se contará con la información suministrada por el Centro de Rehabilitación y Fisiatría Veterinaria REHABIVET para identificar las enfermedades o lesiones que producen discapacidades en extremidades de pacientes caninos más frecuentes en la región capital, debido a que son la única fuente que maneja este tipo de datos.

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

En el presente capítulo está contenida la información previa concerniente al estudio a realizar, así como también las bases teóricas que permiten abordar el problema planteado.

2.1. Antecedentes

Para llevar a cabo la elaboración del presente trabajo especial de grado fue necesario consultar investigaciones previas que aportaran referencias y otras consideraciones pertinentes. En la **Tabla 2** se listan dichas investigaciones.

Tabla 2. Trabajos Especiales de Grado previos tomados en cuenta para la elaboración del caso de estudio.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Título	Área de estudio, autor y tutor	Institución y publicación	Objetivo	Aporte
Desarrollo de una exoprótesis para pacientes con amputación transtibial	Ingeniería Mecánica Autor: Choque; José Hernández, Siboney Tutor: Falcón; Othman	UCV 2013	Desarrollar un modelo de exoprótesis definitivo para paciente con amputación transtibial de tercio medio y con movilidad K3, que permita poder ejercer la marcha humana con la mayor naturalidad posible cumpliendo con las necesidades de comodidad y funcionalidad, dentro de costos razonables.	Conceptual
Factibilidad técnico funcional del rediseño de una exoprótesis mono-céntrica de rodilla bajo un enfoque que integre la ingeniería de diseño y de manufactura del prototipo	Ingeniería industrial Autor: Barragán Hernández; Luis Alberto Tutor: De Gouveia García; Joao B.	UCAB 2014	Determinar la factibilidad técnico funcional del rediseño de una exoprótesis mono-céntrica de rodilla bajo un enfoque que integre la ingeniería de diseño y de manufactura del prototipo.	Esquema de diseño.
				Estructura del trabajo.
Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina	Ingeniería Mecánica Autor: Vargas Sánchez; Janeth Sindy Tutor: Morales Acosta; Lázaro	Universidad Nacional Autónoma de México 2014	Diseñar una prótesis para extremidad canina, implementarla y validar o no su funcionamiento.	Conceptual

Título	Área de estudio, autor y tutor	Institución y publicación	Objetivo	Aporte
Diseño de un servicio de financiamiento colectivo en una unidad de consultoría de una universidad privada para iniciativas de emprendimiento	Ingeniería Industrial	UCAB 2015	Diseñar un servicio de financiamiento colectivo en una unidad de consultoría de una universidad privada para iniciativas de emprendimiento	Esquema de diseño.
	Autor: González Carro; Daniel A. Pascual Anselmi; Viviana S. Tutor: De Gouveia García; Joao B.			Estructura del trabajo.

2.2. Morfología de las Extremidades Caninas

Las articulaciones que forman parte de las extremidades caninas se dividen en dos grupos denominados miembro anterior y miembro posterior.

2.2.1. Miembro Anterior

Conformado por:

- Hombro o articulación escapulo-humeral
- Húmero
- Codo
- Antebrazo, formado por los huesos:
 - Radio
 - Cúbito
 - Carpo
 - Metacarpo
- Pie (Falanges), las patas delanteras tienen los denominados pie de gato, los cuales son cerrados y compactos (**Figura 6**)

Las articulaciones listadas anteriormente se pueden observar a detalle en la **Figura 6**.

2.2.2. Miembro Posterior

Compuesto por:

- Muslo
- Pierna, formado por los huesos:
 - Fémur
 - Tibia
 - Peroné
 - Tarso
 - Metatarso
- Corvejón
- Pie (Falanges), las patas delanteras tienen los denominados pies de liebre, los cuales son alargados y ovalados. (Ver **Figura 6**)

El miembro posterior es el encargado de la propulsión, debe ser fuerte y poseer buena musculatura. (Ver **Figura 7**)

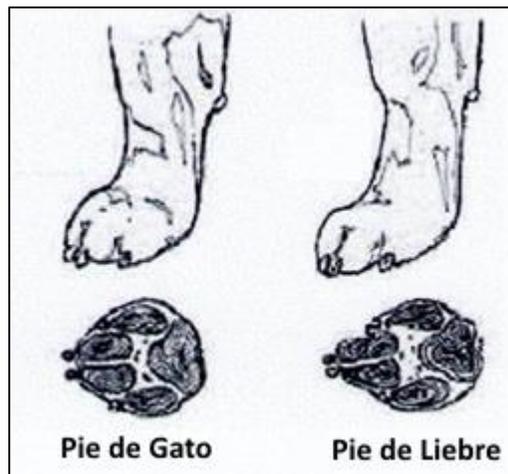


Figura 6. Tipo de pie canino
Fuente: (Jacob AVECILLA, s.f.)

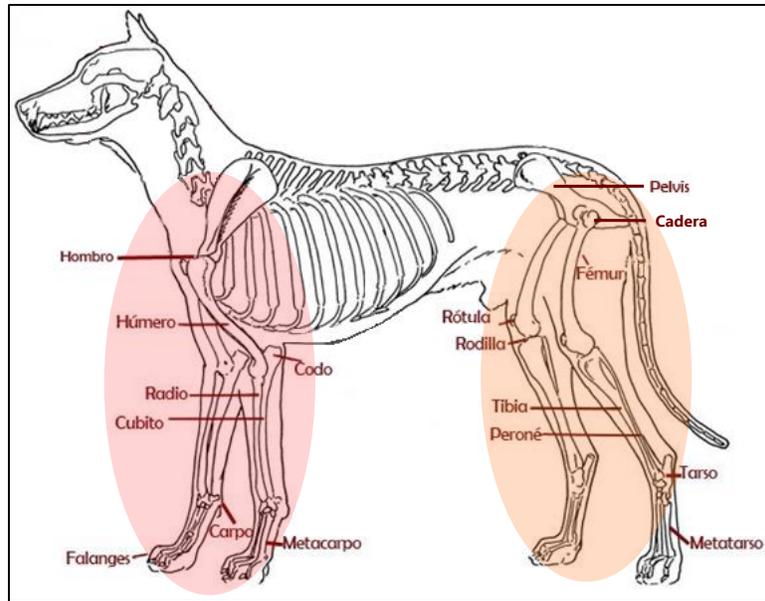


Figura 7. Miembro delantero y miembro posterior canino
Fuente: Elaboración Propia (2015)

2.3. Definiciones y Términos Básicos Relacionados con el Estudio

2.3.1. Prótesis

El diccionario de la real academia define prótesis como un “Procedimiento para sustituir un órgano o parte de él por una pieza o un aparato artificial.” (Diccionario de la lengua española, 2005)

Las prótesis en términos generales son una extensión artificial creada por el hombre, las cuales se encargan de remplazar total o parcialmente un segmento del cuerpo ausente causado por una amputación mediante traumatismos o cirugía. También se incluyen cualquier componente artificial que tenga una parte en el interior del cuerpo por necesidades estructurales o funcionales. (Choque, Hernández, & Falcón, 2013)

Las prótesis se pueden clasificar dependiendo del método de unión a la parte a sustituir. Existen dos tipos de prótesis:

- Endoprótesis (prótesis interna), son aquellas diseñadas para ser implantadas en el interior del organismo, tales como válvulas del corazón o sustitutos de articulación de rodilla, entre otros. (Ver **Figura 8**)

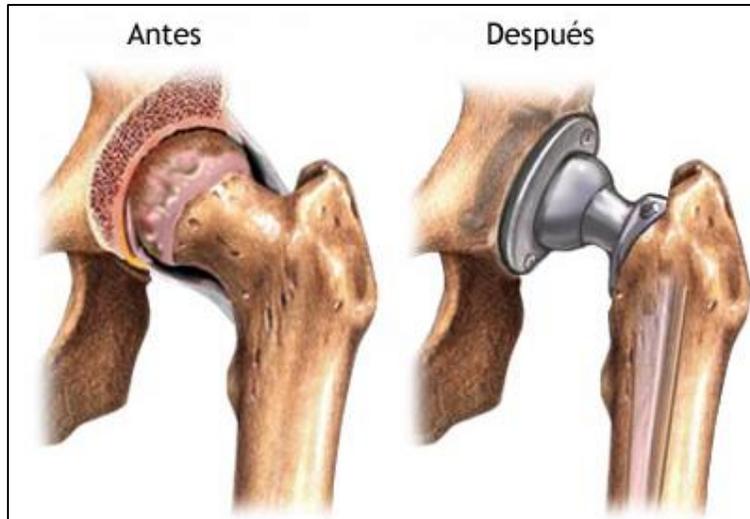


Figura 8. Endoprótesis de Cadera

Fuente: (Tratamiento de fracturas de cadera y prótesis de cadera, 2013)

- Exoprótesis (prótesis externa), son aquellas cuya colocación o remoción no requieren medios quirúrgicos y sobre las cuales se centrará este proyecto. (Ver **Figura 9**)



Figura 9. Exoprótesis canina realizada con tecnología de impresión 3D

Fuente: (Derby the dog, 2015)

2.3.2. Órtesis

La palabra órtesis es utilizada para definir todos aquellos aparatos externos que sirven como ayuda, soporte y se utilizan en el campo de la ortopedia. Las órtesis abarcan todos aquellos elementos que corrigen alguna malformación, movimiento o posición anormal y además facilitan desplazamientos, actividades de articulaciones y partes del cuerpo con deficiencias. (Ver **Figura 10**) (Órtesis, s.f.)



Figura 10. Soporte para la articulación del tarso metatarso falángica
Fuente: (Ayudas para perros especiales, s.f.)

2.3.3. Dibujo Asistido por Computadora

El Diseño Asistido por Computadora o CAD (del inglés “Computer Aided Design”), es todo sistema informático destinado a asistir al diseñador en su tarea específica. El CAD atiende prioritariamente aquellas tareas exclusivas del diseño, tales como el dibujo técnico y su documentación, pero normalmente permite realizar otras tareas complementarias relacionadas principalmente con la presentación y el análisis del diseño realizado. (Ferrer, s.f.)

2.3.4. “Prototipado” Rápido

El “Prototipado” Rápido o RP (del inglés “Rapid Prototyping”) se puede concebir como un conjunto de tecnologías, que permiten la obtención de prototipos en menos de 24 horas a partir de un fichero CAD. El equipo de impresión 3D lee los datos del dibujo CAD y aplica capas sucesivas de material líquido, en polvo o en láminas; fabricando el modelo físico a partir de una serie de secciones transversales. Estas capas, que se corresponden

con la sección transversal virtual del modelo CAD, se unen automáticamente para crear la forma final. (¿Qué es el prototipado rápido?, s.f.)

El “Prototipado” rápido da la posibilidad de efectuar, en un corto período de tiempo, diversas pruebas de geometría distintas para una pieza, validar la geometría definitiva, y acometer la producción en serie rápidamente, con bajos costos de desarrollo. (¿Qué es el prototipado rápido?, s.f.)

2.3.5. Impresora 3D

Es un dispositivo capaz de generar un objeto sólido tridimensional mediante la adición de material. Los métodos de producción tradicionales son sustractivos, es decir, generan formas a partir de la eliminación de exceso de material. Las impresoras 3D se basan en modelos en tres dimensiones para definir qué se va a imprimir. Un modelo no es más que la representación digital de lo que vamos a imprimir mediante algún software de modelado. (¿Qué es una impresora 3D?, s.f.)

2.3.6. Tipos de tecnología de Impresión 3D

En la actualidad existen diferentes tecnologías que hacen posible los procesos de fabricación aditiva, a continuación se mencionarán los cinco de mayor importancia:

- **Estereolitografía:** Conocida como SLA o SL, es un proceso de fabricación aditiva que utiliza un receptáculo de fotopolímeros líquidos de resina (sustancia que solidifica a la exposición a un láser ultravioleta). Permite la construcción de modelos 3D capa por capa en una plataforma móvil, donde un láser toca el envase solidificando las piezas necesarias para lograr la creación de un prototipo. (Estereolitografía, s.f.)
- **Sinterizado selectivo por láser:** Conocida como SLS (del inglés “Selective Laser Sintering”), es una técnica de prototipado rápido que permite la fabricación de piezas por capas. Utiliza como material base un polvo parecido a la cerámica cuyas partículas miden 50µm. Un láser sinteriza las áreas seleccionadas causando que las partículas se fusionen y solidifiquen. (Sinterizado Selectivo por Láser S.L.S, 2012)
- **Impresión por inyección:** Conocida como Robocasting o DIW (del inglés “Direct Ink Writing”), es un proceso de manufactura aditiva en donde un filamento es extruido de un inyector formando un objeto capa por capa.

- **Vinculación de capas laminadas:** Conocida como LOM (del inglés “Laminated Object Manufacturing”), es un sistema de creación de prototipos en donde capas de papel, plástico o metal laminados recubiertos con material adhesivo son pegadas entre sí y cortadas en una forma determinada por una cuchilla o cortador láser. (Impresión 3D, Vinculación de capas laminadas, 2013)
- **Modelado por deposición fundida:** También conocido como Modelado FDM (del inglés “Fused Deposition Modeling”), es un proceso de fabricación que utiliza una técnica aditiva que deposita material termoplástico en capas para conformar una pieza. El Modelado por deposición fundida permite la construcción de modelos conceptuales y prototipos funcionales. (FDM Technology, s.f.)

2.3.7. Modelado por Deposición Fundida

Según la información recopilada en la “Primera Expo-Jornada de Tecnologías de Impresión 3D”, el Modelado FDM construye piezas capa por capa por medio del calentamiento y la extrusión de filamento termoplástico. El proceso se describe a continuación:

- Pre-procesamiento: El “software” de construcción y preparación, corta y posiciona un archivo CAD y calcula el camino para la extrusión del termoplástico y cualquier material de soporte necesario.
- Producción: La impresora 3D calienta el termoplástico hasta un estado semilíquido y lo deposita en cuentas ultra finas a lo largo del camino de extrusión. Cuando un soporte o apoyo es necesario, la impresora 3D deposita un material removible que actúa como andamio.
- Post-Procesamiento: El usuario retira el material de apoyo o lo disuelve en agua y detergente, y la pieza esta lista para ser utilizada.

2.3.8. Archivo STL

El formato STL (del inglés “Stereo Lythography”) es un tipo de archivo de diseño por computadora que representa digitalmente el modelo que se desea imprimir. Este tipo de archivo excluye información como el color, textura y propiedades físicas. Es un formato estándar para las tecnologías de impresión de fabricación aditiva que utiliza mallas de triángulos cerrados para definir la forma de los modelos. Mientras menor sea el tamaño de los triángulos, mayor será la resolución del fichero final. (¿Qué es un fichero .stl?, s.f.)

2.3.9. Termoplástico

Un termoplástico es un tipo de plástico fabricado con un polímero que se vuelve un líquido homogéneo cuándo se calienta a temperaturas relativamente altas y que cuándo se enfría es un material duro en un estado de transición vítrea (relativo o semejante al vidrio). Todas estas características son reversibles, lo que hace posible que los termoplásticos se puedan calentar y enfriar repetidamente sin que se pierdan estas cualidades y haciendo de ellos un material fácilmente reciclable. (¿Qué es un termoplástico?, 2014)

Las principales propiedades de los materiales termoplásticos que han hecho de ellos que sean tan utilizados en todo tipo de industrias y fábricas son:

- Se derriten al calentarse.
- Tienen buena plasticidad con aplicación de calor, lo que permite moldearlos.
- Se pueden disolver con algunos productos.
- Pueden absorber algunos solventes aumentando su volumen.
- Ofrecen buena resistencia a la deformación por fluencia.

2.3.10. Materiales termoplásticos para impresión 3D

Existe una gran variedad de termoplásticos cuyas características varían dependiendo del prototipo que se desee imprimir. En el caso de este proyecto se utilizará la tecnología de impresión FDM, por lo que se mencionarán los materiales más utilizados y sus características.

- Acrilonitrilo Butadieno Estireno: También conocido como ABS (del inglés “Acrylonitrile Butadiene Styrene”) es un plástico muy resistente a los golpes, por eso es uno de los más usados en ingeniería, industria e impresión 3D de “prototipado”. En el mundo de la impresión 3D el ABS es uno de los materiales más utilizados en la actualidad para llevar a cabo los procesos de impresión, es el más indicado cuando se busca la fuerza en el resultado o cuando lo que se va a imprimir va a quedar expuesto a temperaturas extremas. Además, el ABS absorbe poca agua y es fácilmente recubierto con capas metálicas pues es muy receptivo a los baños de metales. (ABS y PLA: Diferencias, ventajas y desventajas, 2013)
- Políácido Láctico: También conocido como PLA (del inglés “Polylactic Acid”) es un plástico biodegradable procedente del maíz o la papa. Esto significa que, con el paso del tiempo y el efecto de los elementos, el plástico pierde las propiedades iniciales hasta su descomposición en elementos químicos simples.

Es conocido como la solución más respetuosa del medio ambiente en el ámbito de la impresión 3D, en comparación a otros plásticos a base de petroquímicos como el ABS o el PVA, lo que lo ha convertido en una opción muy popular a la hora de elegir el material con que se desea realizar el prototipo. (ABS y PLA: Diferencias, ventajas y desventajas, 2013)

A diferencia del ABS, este material no resiste las altas temperaturas ya que entre 50°C y 60°C comienza a descomponerse, además que los post-procesos (mecanizar, pintar y pegar) se dificultan por la baja resistencia del material. El PLA es la opción ideal para el mercado doméstico, en donde las piezas no sean expuestas a aplicaciones industriales. (ABS y PLA: Diferencias, ventajas y desventajas, 2013)

- Alcohol de Polivinilo: Conocido como PVA (del inglés “Polyvinyl Alcohol”) es un polímero plástico que se disuelve fácilmente en agua caliente. En la impresión 3D, el PVA es utilizado en impresoras con extrusores duales o múltiples con el fin de proporcionar una estructura de soporte a prototipos con formas completas o con zonas críticas propensas a caer durante la impresión. (What material should I use for 3D printing?, 2015)

2.3.11. Modelador Bizagi

El Modelador Bizagi es un modelador de procesos de negocio y una herramienta de documentación. El Modelador permite visualizar diagramas, modelos y documentar procesos de negocio en un BPMN (Notación estándar de Procesos de Negocio, del inglés Business Process Model Notation). (Bizagi, s.f.)

El “software” permite publicar documentación en Word, PDF, SharePoint o Wiki, además, los procesos pueden ser importados o exportados con facilidad a Visio, XMI, o a cualquier otra herramienta. Cada archivo se refiere a un modelo y puede contener uno o más diagramas. Un modelo se refiere a una organización completa, a un departamento o a un proceso específico dependiendo de las necesidades requeridas. Los distintos diagramas se posicionan en hojas individuales dentro del modelo. (Bizagi, s.f.)

2.3.12. Producto

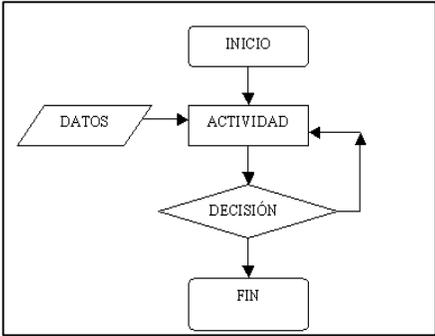
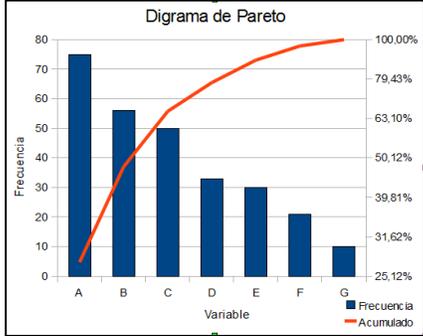
Punto central de la oferta que realiza cualquier empresa u organización para satisfacer las necesidades y deseos del mercado, con el fin de lograr los objetivos que persigue. (Definición de producto, 2005)

2.3.13. Servicio

Constituyen el conjunto de actividades que una compañía lleva adelante para satisfacer las necesidades del cliente, es un bien no material que no tiene como resultado la obtención de la propiedad de algo. (Marketing de servicios, s.f.)

2.3.14. Herramientas a utilizar

Tabla 3. Herramientas a utilizar en el trabajo de investigación
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Diagrama de Flujo	Diagrama de Pareto
<p>Representación gráfica de un proceso. Cada paso del proceso es representado por un símbolo diferente que contiene una breve descripción de la etapa de proceso.</p> 	<p>Método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema y las de menor importancia en orden descendente.</p> 

2.3.15. Aportes de los expertos consultados

Tabla 4. Aportes de los expertos consultados durante la investigación
Fuente: Elaboración propia (2015)

Colaborador	Tema del aporte	Aporte	Fuente	Fecha
Lic. Robin Pérez	Impresora 3D	“La impresora 3D es una fábrica personal, por ahora, que puedes tener en tu casa, en tu oficina, o en el espacio que consideres.”	Primera Expo-Jornada de Tecnologías de Impresión 3D	20/06/2015
	Tipos de tecnología de Impresión 3D	<p>Estereolitografía: “Este tipo de tecnología produce piezas de alta precisión y calidad, pero su implementación en Venezuela no sería viable debido al elevado costo de la resina, \$140 por galón aproximadamente, además de los costos de envío.”</p> <p>Sinterizado selectivo por láser: “La desventaja de utilizar esta tecnología radica en el peso que tendrán las piezas consecuencia del material utilizado. Si se desea un prototipo fijo donde no sea necesario movilizarlo, esta tecnología sería la ideal.”</p>		

Colaborador	Tema del aporte	Aporte	Fuente	Fecha
Lic. Robin Pérez	Tipos de tecnología de Impresión 3D	Impresión por inyección: “En este tipo de tecnología se encuentran las impresoras Polyjet, las cuales son máquinas con buen rendimiento y proporcionan prototipos de excelente acabado, pero el costo de las piezas sería bastante elevado.”	Primera Expo-Jornada de Tecnologías de Impresión 3D	20/06/2015
		Modelado por deposición fundida: “En la actualidad, este tipo de tecnología es la que mejor se adapta al mercado venezolano por la funcionalidad de las piezas, además de un buen acabado y bajos costos.”		
	Selección de la Impresora 3D	La impresora más apta para fabricar la estructura de los elementos de soporte es la ROBO 3D Modelo R1.	Entrevista no estructurada	28/07/2015
Selección del Termoplástico	Selección del termoplástico ABS.			
Dra. Almendra Terrero Rebrij	Lesiones y patologías que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos	Estadísticas del Centro de Rehabilitación y Fisioterapia Veterinaria REHABIVET del año 2012 al 2014; se identificó los elementos de soporte externo para las patologías o lesiones con mayor reincidencia en la región capital.	Entrevista no estructurada	10/08/2015
	Veterinaria	Información veterinaria necesaria para poder fabricar y diseñar un elemento de soporte adecuado para un paciente con discapacidad (como la distribución del peso del animal) e información sobre la rehabilitación y fisioterapia.		01/10/2015
	Ortopedia animal	Selección del diseño articulado.		14/10/2015
Dra. Adelina Granado	Ortopedia animal	Selección del diseño articulado. Elemento de soporte apropiado para el sujeto de estudio: soporte para la articulación del carpo metacarpo falángica.	Entrevista no estructurada	10/09/2015
	Copias de yeso de los miembro anteriores	Elaboración de las copias de yeso del miembro afectado y no afectado del sujeto de estudio.	-	10/2015
	Grosor del aparato ortopédico	El grosor final del elemento de soporte, incluyendo el forro interno y otros materiales, no debe exceder 20 milímetros para asegurar la comodidad del paciente.	Entrevista no estructurada	10/09/2015
Ann González	Elementos de soporte y discapacidad en animales	Información referente a la discapacidad en animales en Venezuela y a elementos de soporte realizados con materiales reciclados.	Entrevista no estructurada	22/03/2015
Ing. Giovanni Sparacio	Selección del Termoplástico	Selección previa del termoplástico: ABS, PLA y PVA.	Primera Expo-Jornada de Tecnologías de Impresión 3D	20/06/2015

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se define cómo se realizará la investigación para poder responder al problema planteado. Incluye el tipo de investigación según tres criterios de clasificación, las técnicas e instrumentos para la obtención de la información pertinente, y por último las metodologías utilizadas para llevar a cabo el estudio.

3.1. Tipo de Investigación

La investigación científica se define como “un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes.” (Arias, 2006). En dicho proceso se llevan a cabo cuatro etapas fundamentales: en primer lugar se define el problema, luego se busca y evalúa toda la información pertinente, posteriormente se analizan los datos encontrados, y por último, se sintetiza la información y se utiliza para resolver el problema planteado.

3.1.1. Propósito de la Investigación

La investigación según el propósito puede ser pura o aplicada. Una investigación pura es “aquella en que los conocimientos no se obtienen con el objeto de utilizarlos de un modo inmediato...” (Sabino, 2002, pág. 42); este tipo de investigación se enfoca en aumentar conocimientos teóricos sin el interés de aplicarlos. En cambio, una investigación aplicada “persigue fines más directos e inmediatos” (Sabino, 2002; pág. 42); busca conocimientos para aplicarlos inmediatamente y modificar la realidad.

Como el presente trabajo busca presentar una solución a un problema innovando en el mercado, más que desarrollar o formular una teoría, el tipo de la investigación que se llevará a cabo será aplicada.

3.1.2. Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación dependerá del grado de profundidad o complejidad con la que se aborda el objeto de estudio, en el caso presente se evalúa la factibilidad técnica y funcional para el desarrollo de un servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte, y por ello el nivel es comprensivo, ya que se “estudia el evento en su relación con

otros eventos, dentro de un holo mayor, enfatizando por lo general las relaciones de causalidad, aunque no exclusivamente”. (Hurtado De Barrera, 2000)

Este tipo de investigación también es conocido como “proyecto factible”, el mismo “consiste en la elaboración de una propuesta o modelo para solucionar determinadas situaciones. Se ubican las investigaciones para el diseño de programas de intervención social, de maquinarias, de programas informáticos, de inventos.” (Hurtado De Barrera, 2000)

3.1.3. Diseño de la Investigación

El diseño de investigación se define como “la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado.” (Arias, 2006, pág. 26). Su objetivo es “proporcionar un modelo de verificación que permita contrastar hechos con teorías, y su forma es la de una estrategia o plan general que determina las operaciones necesarias para hacerlo”. (Sabino, 2002, pág. 63)

La estrategia de la investigación se define según el origen de los datos, ya sean primarios en una investigación de campo, donde “los datos de interés se recogen de forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo...” (Carlos A. Sabino; 2002; pág. 64); o secundarios en una investigación documental, en el cual “...los datos a emplear han sido ya recolectados en otras investigaciones y son conocidos mediante los informes correspondientes...” (Sabino, 2002, pág. 64). A su vez, el diseño se determina por la manipulación de los datos: en el caso de un diseño experimental, se somete el objeto de estudio, bajo condiciones controladas, a ciertas variables y se observan los resultados que produce, sin embargo, en una investigación de campo, no existe una manipulación ni control de las variables.

Para el presente estudio se implementó un diseño de investigación documental, ya que la mayoría de la información se obtuvo de fuentes impresas y electrónicas, es decir de datos secundarios; por ejemplo, los elementos de soporte externo que actualmente se consiguen en el mercado internacional y sus respectivas características, se obtuvieron de distintas fuentes electrónicas. No obstante, para poder cumplir con todos los objetivos y solucionar el problema planteado, también fue necesario aplicar una investigación de campo; se obtuvieron datos primarios a través de diversas visitas a veterinarias, encuestas, consultas a expertos, entre otros.

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (Arias, 2006, pág. 27)

La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental. (Arias, 2006, pág. 30)

3.2. Técnicas e Instrumentos

Las técnicas son todos aquellos procedimientos o formas particulares de obtener los datos o información pertinentes para responder con el planteamiento del problema y cumplir así, con los objetivos trazados. Las herramientas o instrumentos, son simplemente los recursos para obtener, registrar o almacenar, los datos o información conseguida. Para obtener los datos y la información necesaria, se utilizaron las siguientes técnicas:

- Entrevista no estructurada
- Encuesta oral

Para determinar los elementos de soporte de externo que se fabrican en el país, así como sus características, y fue necesario realizar diversas entrevistas a veterinarios y a profesionales en el área; además, dicha técnica fue utilizada para determinar los factores y parámetros de diseño de los elementos a fabricar. En estas entrevistas no se utilizó una guía de preguntas previamente elaborada, debido a que los interrogatorios se orientaron con base a ciertos objetivos preestablecidos, catalogándolas entonces como no estructuradas o informales. Se utilizaron grabadores (teléfono celular), y cuadernos de notas para registrar las respuestas de los entrevistados.

La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un dialogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. (Arias, 2006, pág. 73)

Para corroborar datos, completar y ampliar la información suministrada por las entrevistas y demás fuentes, se realizaron dos encuestas exploratorias. A diferencia de las entrevistas, se realizaron pocas y breves preguntas directamente a los dueños de mascotas. La encuesta, es “una técnica que pretende obtener información que suministra

un grupo o muestra acerca de sí mismo, o en relación con un tema en particular” (Arias, 2006, pág. 72). Para realizar las encuestas y poder registrar las respuestas de los encuestados, se utilizaron guías con las preguntas ya establecidas con sus opciones de respuesta.

3.3. Metodología Delphi

La técnica Delphi es un “método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo.” (Linstone & Turoff, 2002, pág. 3)

El método Delphi se basa en la selección de un grupo de expertos a los que se les consulta su opinión respecto a asuntos referidos a sucesos del futuro. Las estimaciones de los expertos se realizan en varias rondas anónimas, con el fin de llegar a un acuerdo, pero con la máxima libertad por parte de los colaboradores.

Por lo tanto, la capacidad de predicción del método Delphi se basa en el uso del juicio emitido por un grupo de expertos, es decir, se procede por medio de la interrogación con la ayuda de varios cuestionarios, a manifestar opiniones semejantes y deducir eventuales acuerdos.

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO TÉCNICO FUNCIONAL

El presente capítulo inicia con la caracterización de los elementos de soporte externo para extremidades de pacientes caninos según el mercado actual. Posteriormente, con las lesiones y patologías que producen discapacidad, se determinan los aparatos ortopédicos con mayor incidencia en la región. Luego se definen los parámetros y factores técnicos que condicionan el diseño de los elementos con base en estadísticas suministradas por el Centro de Rehabilitación y Fisioterapia Veterinaria REHABIVET, una encuesta exploratoria y el estudio de mercado inicial.

Una vez determinados los aspectos a considerar para el diseño y fabricación de los elementos seleccionados, se procede a desarrollar un prototipo para comprobar la factibilidad de elaborar dichos productos con la tecnología de impresión en tres dimensiones. Finalmente, se establecen los procesos requeridos y los recursos necesarios para la implementación del servicio propuesto.

4.1. Caracterización de los elementos de soporte para extremidades de pacientes caninos

Según la morfología de los perros, la clasificación de los elementos de soporte externo se realiza en función de los miembros que se deben reemplazar en caso de ser una prótesis, o servir de sustento en el caso de ser una órtesis o silla de ruedas. Como se pudo observar en el marco referencial, la anatomía de las extremidades caninas varía notablemente entre los miembros anteriores y posteriores, por consiguiente los elementos de soporte se han diseñado según dichas particularidades.

En la **Figura 11** se observan los modelos de prótesis, órtesis y sillas de ruedas más comunes que actualmente se consiguen en el mercado, sin embargo, según la discapacidad, tamaño y peso del animal, dichos aparatos ortopédicos se ajustan para brindarle la mayor movilidad y bienestar posible.

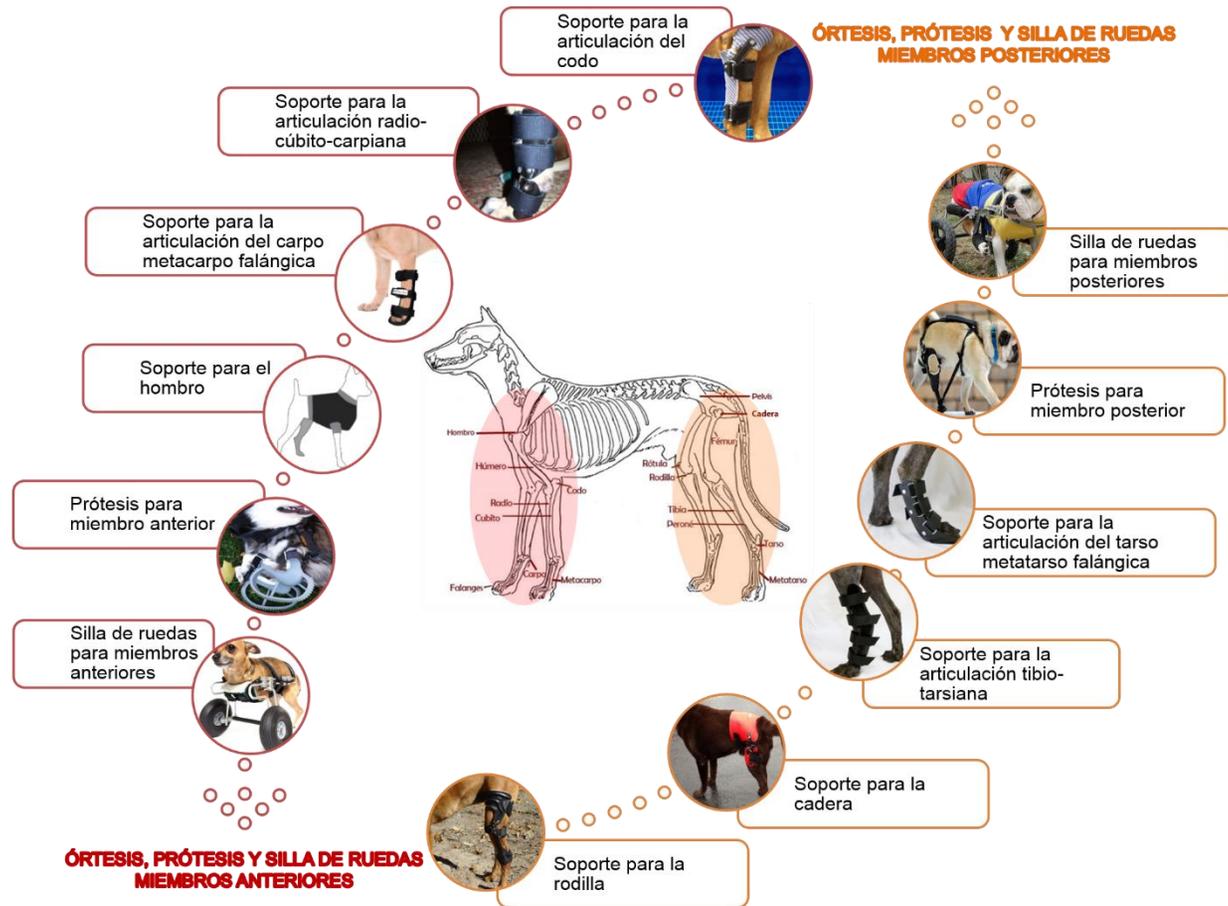


Figura 11. Elementos de soporte externo para miembros anteriores y posteriores caninos en el mercado actual.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

A continuación se caracterizan los distintos elementos de soporte externo según el tipo de dispositivo, es decir si es una prótesis, órtesis o una silla de ruedas. Dicha clasificación, se define para poder ampliar la información de cada elemento de soporte por separado, tomando aspectos en común como el tipo de fabricación, proveedor, materiales, diseño de la pieza y precio. Es importante aclarar, que todas las órtesis disponibles en el mercado son fabricadas profesionalmente, por ende se omite dicha clasificación en los cuadros descriptivos correspondientes. Con fines prácticos, para no expresar diferentes conversiones, los precios se muestran tal como lo indican cada proveedor.

Tabla 5. Caracterización de las sillas de ruedas disponibles en el mercado.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de Fabricación	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Silla de Ruedas	Profesional	Eddy's Wheels	<ul style="list-style-type: none"> Estructura de Aluminio 	Ensamble. A medida	USD (\$)	325,00 – 1.200,00	29/08/2015	Página web: http://eddieswheels.com/pricing-2/
		Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Estructura de Aluminio 	Ensamble. Adaptable y a media	Euro (€)	199,00 – 275,00	29/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/18-silla-de-ruedas
		Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Estructura de Aluminio Arnés de neopreno 	Ensamble. Adaptable	Euro (€)	275,00 – 591,39	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/13-sillas-ruedas
			<ul style="list-style-type: none"> Estructura de Acero 	Ensamble. A medida	Euro (€)	225,21 – 461,01		
			<ul style="list-style-type: none"> Flexos de Polietileno Exterior PVC Tornillería en acero inoxidable Funda con espuma 	Ensamble. A medida. Máximo para 15 kg y más de 40 cm de altura.	Euro (€)	490,00		
		No Profesional	Proyecto Nala	<ul style="list-style-type: none"> Reciclados 	Ensamble. A medida	Bolívares (Bs)	4.000,00 – 8.000,00	02/08/2015

Tabla 6. Caracterización de las prótesis disponibles en el mercado.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de Fabricación	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Prótesis	Profesionales	Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico Termodeformable 	Articulada y no articulada. A medida	USD (\$)	1.250,00	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/prosthetics/
			<ul style="list-style-type: none"> Materiales de construcción: VisiJet® CR-CL VisiJet® CR-WT VisiJet® CF-BK 	Tecnología 3D: por 3D Systems' en impresora ProJet 5500X MultiJet 3D. A medida	USD (\$)	No se posee información	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/3d-technology/
		Ortho Pets	<ul style="list-style-type: none"> Plástico polipropileno Forro interno de goma espuma de gran durabilidad, suave e impermeable Hebillas y correa de Velcro industrial reforzado Tornillos y arandelas de seguridad de acero inoxidable 	Articulada y no articulada A medida	USD (\$)	Según tamaño del paciente, diagnóstico y lesión exacta	29/08/2015	Página web: http://www.orthopets.com/tl_prosthetic_solution_home.html
		Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno de alta densidad o laminadas Articulaciones ortopédicas de acero o tipo Tamarack dependiendo del peso del perro. 	Articulada y no articulada A medida	Euro (€)	Según talla, peso, miembro amputado y nivel de la amputación.	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortosis-a-medida/225-protesis-de-miembro-posterior.html
		Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Plástico polipropileno. 	No articulada. A la medida	Euro (€)	765,50	29/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ortosis-caninas/255-protesis-para-perro.html
	No Profesional	Clínica Mascota Azul	<ul style="list-style-type: none"> Plástico termo moldeable 	No articulada. A medida	Bolívares (Bs)	2.500,00	10/01/2015	Entrevista no estructurada Tlf. de contacto: 02126931114
		Proyecto Nala	<ul style="list-style-type: none"> Reciclados 	No articulada. A medida	Bolívares (Bs)	1.000,00	08/08/2015	Entrevista no estructurada vía telefónica. Tlf celular: 04142308467

Tabla 7. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (1).
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de elemento	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Órtesis	Soporte para el hombro	Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Tejido Breathe-O-Prene® SILVERtec® 	No articulada A medida.	Euro (€)	254,30	08/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/174-chaleco-de-soporte-pierna-anterior.html
	Soporte para la articulación del carpo metacarpo falángica	Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno termodeformable Espuma de célula Correa de velcro 	No articulada. Por talla	Euro (€)	74,95-110,58	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/ferulas-y-ortesis/114-ferula-ortopedica-perro.html
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Forro térmico de espuma 	Articulada del Carpo, rígida de metacarpo Por talla	Euro (€)	435,81-589,62	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/144-ortesis-articulada-de-carpo-y-rigida-de-metacarpo.html#/talla-m
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Forro térmico de espuma 	No articulada. A medida	Euro (€)	410,17-519,07	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/152-ortesis-rigida-de-carpo.html#/talla-l
		Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico Termodeformable 	No articula. A medida	USD (\$)	545,00	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/carpal-tarsal-braces/
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico Termodeformable 	Articula. A medida	USD (\$)	595,00		
		Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno Forro interno de espuma de célula cerrada Remaches metálicos 	No articulada. Por talla	Euro (€)	79,95-109,95	29/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/home/114-ferula-ortopedica-perro.html#/talla-xl
	Soporte para la articulación radio-cubito-carpiana	Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico Termodeformable 	No articula. A medida	USD (\$)	545,00	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/carpal-tarsal-braces/
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico Termodeformable 	Articulada. A medida	USD (\$)	595,00		
		Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Neopreno con férula de aluminio Cierres de velcro 	No articulada. Por talla	Euro (€)	29,95	29/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/22-soporte-carpo-perro.html#/talla-xxxl

Tabla 8. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (2).
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de elemento	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Órtesis	Soporte para la articulación del codo	Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Neopreno 	No Articulada. Por Talla	Euro (€)	89,95	29/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/17-ortosis-codo.html#/talla-s
			<ul style="list-style-type: none"> Neopreno 	No Articulada. A medida	Euro (€)	129,95	29/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/17-ortosis-codo.html#/talla-a_medida
		Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Tejido Power Stretch-RX de Polartec, Velcro Hook & Loop Refuerzos de nylon 	No articulada. A medida	Euro (€)	199,96	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/ferulas-y-ortosis/17-ortosis-codo.html
			<ul style="list-style-type: none"> No se posee información 	Articulada. A medida	Euro (€)	676,78 -870,38	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortosis-a-medida/151-ortosis-articulada-de-codo.html#/talla-s
			<ul style="list-style-type: none"> No se posee información 	Articulada A medida Bilateral	Euro (€)	1.312,54 – 1.702,20	29/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortosis-a-medida/165-ortosis-bilateral-de-codo.html#/talla-l
		OrthoPets	<ul style="list-style-type: none"> Plástico polipropileno. Forro interno de goma espuma de gran durabilidad, suave e impermeable Hebillas y correa de Velcro industrial reforzado Tornillos y arandelas de seguridad de acero inoxidable. 	Articulada. A medida	USD (\$)	Según tamaño del paciente, diagnóstico y lesión exacta, meta terapéutica	29/08/2015	Página web: http://www.orthopets.com/elbow_solution_home
		Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico Termodeformable Articulaciones de Ultraflex (puede ser fabricada con compuestos de carbono). Apariencia con papel de color marca Friddle's. 	Articulada. A medida y según rango de movimiento deseado.	USD (\$)	595,00	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/elbow-braces/

Tabla 9. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (3).
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de elemento	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Órtesis	Soporte para la articulación del tarso metatarso falángica	Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno Remaches y pasadores metálicos 	No articulada. Por talla	Euro (€)	69,95 - 80,95	30/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/120-ferula-de-bota-canina.html
		Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno termodeformable Espuma de célula Correa de Velcro Remaches y pasadores metálicos 	No articulada Por talla	Euro (€)	74,95 – 91,29	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/ferulas-y-ortesis/120-ferula-de-bota-canina.html
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Forro térmico de espuma 	Articulada en el tarso rígida en el metatarso. Por talla.	Euro (€)	435,81-589,01	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/142-ortesis-articulada-del-tarso-y-rigida-del-metatarso.html#/talla-xl
			<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno termodeformable Forro interno de espuma de célula Correa de Velcro 	No articulada. Por talla	Euro (€)	74,95-110,58	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/home/89-ferula-ortopedica-perro.html#/talla-xl
		Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable 	No articula. A medida	USD (\$)	545,00	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/carpal-tarsal-braces/
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable 	Articula. A medida	USD (\$)	595,00		
	Soporte para la articulación tibio-tarsiana	Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Forro térmico de espuma 	No articulada. Por talla	Euro (€)	484,00-592,90	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/150-ortesis-rigida-de-tarso.html#/talla-l
		Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> Polipropileno Forro interno de espuma de célula Remaches y pasadores metálicos 	No articulada. Por talla	Euro (€)	74,95-109,95	30/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/89-ferula-ortopedica-perro.html
			<ul style="list-style-type: none"> Neopreno con felpa 	No articulada. Por talla	Euro (€)	26,95	30/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/286-soporte-de-tarso.html
		Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable 	No articula. A medida	USD (\$)	545,00	29/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/carpal-tarsal-braces/
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable 	Articula. A medida	USD (\$)	595,00		

Tabla 10. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (4).
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de elemento	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Órtesis	Soporte para la cadera	Ortocanis	<ul style="list-style-type: none"> 3,0 mm de neopreno con Velcro de felpa Herrajes de acero inoxidable Tensores de Nylon Mojave Cerraduras de Nylon de boca ancha 	No articulada. Por talla	Euro (€)	89,95	30/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/128-soporte-de-cadera-canino.html#/talla-l
		Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Correa de Nylon de perfil bajo Correa de Nylon de alta resistencia 	No articulada. Por talla	Euro (€)	89,36	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/home/128-soporte-de-cadera-canino.html
			<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Forro térmico de espuma 	Articulada. A la medida. Bilateral	Euro (€)	1.179,24 – 1.281,78	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/143-ortesis-bilateral-para-cadera.html#/talla-m
		Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Apariencia con papel de color marca Friddle's. 	Articulada. A la medida.	USD (\$)	895,00	30/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/hip-braces/
		Ortho Dog	<ul style="list-style-type: none"> Tejido "Spacer Mesh" Piezas de acero inoxidable Hebillas laterales de Nylon Mojave, Cerraduras de Nailon de boca ancha Retenedor de correa de Nylon de perfil bajo Tejido de nailon peso pesado Nylon de velcro de grado comercial. 	No articulada. Por talla	USD (\$)	85,00	30/08/2015	Página web: http://orthodog.com/index.cfm/products/hip-hound-brace/

Tabla 11. Caracterización de las órtesis disponibles en el mercado (5).
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Elemento de soporte	Tipo de elemento	Proveedor	Materiales	Diseño	Tipo de moneda	Rango de Precio	Fecha de consulta	Fuente
Órtesis	Soporte para la rodilla	OrtoCanis	<ul style="list-style-type: none"> Tela con rotulas metálicas 	Articulada. A medida	Euro (€)	158,00	30/08/2015	Página web: http://www.ortocanis.com/es/ayudas-tecnicas/231-protector-rodilla-canina-perro.html
		Ortopedia Canina	<ul style="list-style-type: none"> Termoplástico moldeable Articulaciones metálicas 	Articulada. A medida	Euro (€)	Según lesión, tamaño y peso del paciente.	30/08/2015	Página web: http://ortopediacanina.com/es/protesis-y-ortesis-a-medida/137-ortesis-articulada-de-rodilla-.html#/talla-l
		Animal Ortho Care	<ul style="list-style-type: none"> Plástico termodeformable Articulaciones de Tamarack, o Ultraflex 	Articulada. A medida	USD (\$)	725,00	30/08/2015	Página web: http://www.animalorthocare.com/products/stifle-knee-braces/
		Ortho Dog	<ul style="list-style-type: none"> Tejido "Spacer Mesh", Piezas de acero inoxidable, Hebillas laterales de Nylon Mojave Cerraduras de Nylon de boca ancha Retenedor de correa de Nylon de perfil bajo Tejido de nylon de peso pesado y liviano Nylon de velcro de grado comercial Ballenas (férula) de metal laterales. 	No articulada, no rígida. Por talla	USD (\$)	185,00	30/08/2015	Página web: http://orthodog.com/index.cfm/products/cruciate-care-knee-brace/
		OrthoPets	<ul style="list-style-type: none"> Plástico polipropileno Forro interno de goma espuma de gran durabilidad, suave e impermeable Hebillas y correa de velcro industrial reforzado Tornillos y arandelas de seguridad de acero inoxidable 	Articulada. A medida.	USD (\$)	Según tamaño del paciente, diagnóstico y lesión exacta, meta terapéutica	30/08/2015	Página web: http://www.orthopets.com/stifle_solution_home

4.2. Lesiones y patologías que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos

Existen diversas lesiones y patologías que pueden causar discapacidad en extremidades de pacientes caninos, sin embargo en esta investigación sólo se toman en consideración las estadísticas suministradas por la Dra. Almendra Terrero Rebrij, médico veterinario del Centro de Rehabilitación y Fisioterapia Veterinaria REHABIVET.

Dichas estadísticas corresponden a un período de dos años (2012-2014). Por motivos de confidencialidad, no se muestran los historiales médicos de cada paciente, por lo tanto, a partir de este momento toda la información suministrada por la Dra. Terrero se considera como cierta.

En la **Tabla 12** se identifican los distintos elementos de soporte adecuados para cada lesión o patología y la cantidad de pacientes correspondiente, dicha tabla contiene las siguientes abreviaciones:

- M.A: Miembro Anterior.
- M.P: Miembro Posterior.
- T.M.F: Tarso Metatarso Falángica.
- C.M.F: Carpo Metacarpo Falángica.
- R.C.C: Radio Cúbito Carpiana.

Tabla 12. Estadísticas del Centro de Rehabilitación y Fisioterapia Veterinaria REHABIVET del año 2012 al 2014.

Fuente: Dra. Almendra Terrero Rebrij (2015)

Lesión o Patología	Elemento de soporte	Cantidad de Pacientes	Porcentaje de Pacientes
Problemas de la articulación de la rodilla (incluye luxación de rotula y ruptura de ligamento cruzado) con cirugía	Soporte para la rodilla	100	16,00
Lesión del segmento lumbosacro sin cirugía	Silla de ruedas MP	12	1,91
	Soporte para la articulación del TMF	80	12,79
Problemas de la articulación de la rodilla (incluye luxación de rotula y ruptura de ligamento cruzado)	Soporte para la rodilla	88	14,20
Enfermedad articular de cadera (incluida exeresis de cabeza femoral) con cirugía	Soporte para la cadera	71	11,43
Lesión de segmento toracolumbar	Soporte para la articulación del TMF	58	9,31
Enfermedad articular de cadera (incluida displasia de cadera) sin cirugía	Soporte para la cadera	45	7,30
Sección medular toracolumbar	Silla de ruedas MP	3	0,53
	Soporte para la articulación del TMF	22	3,57
Lesión de segmento cervical sin cirugía	Silla de ruedas MA o MP	24	3,80
Problemas de la articular del codo	Soporte para la articulación del codo	17	2,68
Lesión del segmento lumbosacro con cirugía	Silla de ruedas MP	2	0,31
	Soporte para la articulación del TMF	13	2,09
Hemivertebra torácica sin cirugía	Silla de ruedas MP	2	0,26
	Soporte para la articulación del TMF	11	1,74
Lesión de nervio ciático	Soporte para la articulación del TMF	10	1,60
Amputación de miembro posterior	Prótesis para MP	9	1,50
Fractura de femur	No aplica	6	0,96
Problemas de la articulación del hombro sin cirugía	Soporte para el hombro	5	0,80
Lesión de plexo braquial	Soporte para la articulación del CMF	5	0,80
Fractura de humero	No aplica	5	0,80
Distemper	Silla de ruedas MA o MP	1	0,17
	Soporte para la articulación del TMF	3	0,50
	Soporte para la articulación del CMF y TMF	1	0,13
Amputación de miembro anterior	Prótesis para MA	3	0,51
Lesión de carpo	Soporte para la articulación del RCC	3	0,48
Fractura de tibia	No aplica	3	0,48
Fractura de falange	No aplica	3	0,48
Contractura de cuádriceps y luego amputación	Prótesis para MP	3	0,48
Problemas de la articulación del hombro con cirugía	Soporte para el hombro	2	0,30
Fractura de codo	Soporte para la articulación del codo	2	0,30
Fractura de cubito y radio	No aplica	2	0,30
Lesión de segmento cervical con cirugía	Silla de ruedas MA o MP	1	0,10
		623	100,00

Como se puede observar en la **Figura 12**, el soporte para la articulación del tarso metatarso falángica, el soporte para la rodilla y el soporte para la cadera, corresponden a los porcentajes más elevados de los elementos de soporte registrados según el número de pacientes.

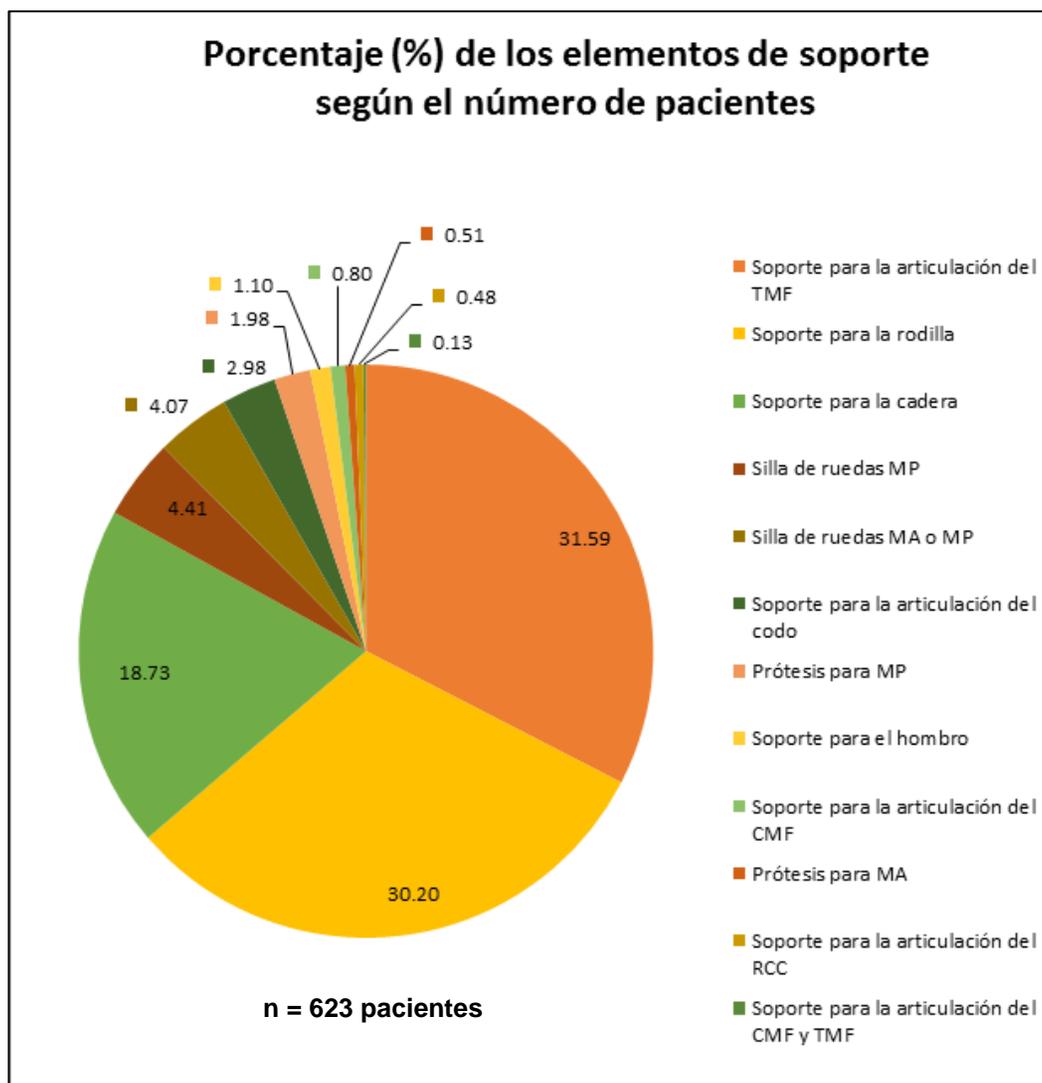


Figura 12. Porcentaje de los elementos de soporte según el número de pacientes
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Dichos elementos se consideran como aquellos con mayor prioridad para el servicio de fabricación, ya que representan el 25% de los aparatos ortopédicos, pero constituyen el 80,52% de la demanda según las lesiones o patologías presentadas, es decir, 502 de 623 pacientes, esto se puede observar a través del diagrama de Pareto de la **Figura 13**; sin embargo, este resultado no se considera como un factor limitante para el desarrollo del prototipo que se lleva a cabo en este trabajo de investigación. En el apartado 4.4 (Desarrollo del Prototipo), se explica a detalle el criterio de selección de dicho aparato.

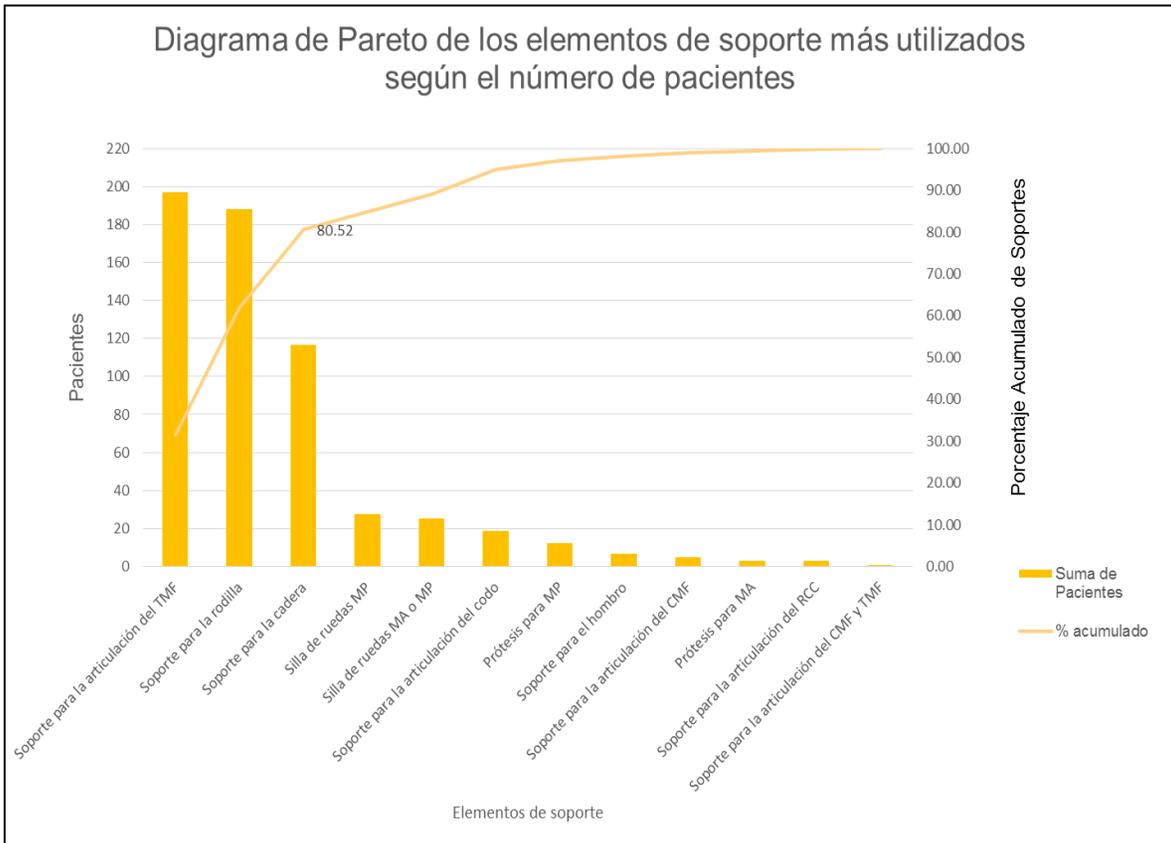


Figura 13. Diagrama de Pareto de los elementos de soporte más utilizados según el número de pacientes.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

4.3. Factores y parámetros técnicos que condicionan el rediseño de los elementos de soporte

Los factores técnicos y parámetros que condicionan el diseño de los elementos de soporte, son determinados en función de las siguientes fuentes de información:

- Tablas características de los elementos de soporte que se encuentran disponibles en el mercado actual,
- Estadísticas del Centro de Rehabilitación Fisioterapia Veterinaria REHABIVET,
- Encuesta exploratoria.

En las tablas descriptivas (**Tabla 5** a **Tabla 11**) se identifican los materiales que utilizan los distintos proveedores actualmente tanto en el ámbito nacional como internacional, además de los diseños existentes. Con base en dicha información, se seleccionan los materiales y el tipo de diseño más adecuado para el proceso de diseño y fabricación de los elementos con tecnología de impresión en tres dimensiones.

Con base en las estadísticas del Centro de Rehabilitación Fisioterapia Veterinaria REHABIVET se establecen aquellos aparatos con mayor necesidad en la región capital. Dado a que sólo se contó con la base de datos de dicho centro para identificar las patologías o lesiones que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos, fue necesario realizar una encuesta exploratoria para corroborar las estadísticas resultantes. Con dicha encuesta también se determinó el tipo de diseño que el cliente desearía en el caso de prestar el servicio y cuánto estaría dispuesto a pagar por un producto que mejore la calidad de vida de su mascota.

Esta encuesta se realizó el 15 de agosto del año en curso en la tienda de mascotas Don Perro ubicada en La Castellana, Caracas a 59 dueños de mascotas, de los cuales el 4,95 % de una población de total de 101 canes presentan discapacidad (Ver **Anexo 2: Segunda encuesta**).

A continuación, en la **Figura 14** se representan las tres fuentes de información mencionadas, en donde progresivamente se descartan y seleccionan los parámetros y factores para diseñar y fabricar de los elementos considerados.

Como se puede observar en la **Figura 14**, los elementos encontrados en la encuesta exploratoria coinciden con las patologías y lesiones que arrojaron los elementos de soporte más representativos de las estadísticas del Centro de Rehabilitación y Fisioterapia REHABIVET. En dicha encuesta se evidencia la necesidad de producir sillas de ruedas para miembros posteriores, sin embargo, la posibilidad de fabricar el aparato mencionado se descarta, debido a que en la actualidad la iniciativa sin fines de lucro, Proyecto Nala, está elaborando sillas de ruedas funcionales con materiales reciclados y a su vez, dictando tutoriales para que cualquier persona que posea una mascota con discapacidad en sus extremidades, pueda confeccionar dicho aparato sin incurrir a gastos mayores. Por consiguiente, fabricar un producto que ofrezca los mismos beneficios pero a mayores precios de los que ofrece dicha iniciativa no se considera pertinente.

De igual manera, no se toma en consideración la fabricación prótesis (miembro anterior y miembro posterior), ya que representan un porcentaje bajo en el ámbito nacional según el número de pacientes caninos de REHAVIBET, donde apenas fueron atendidos 15 pacientes de 623 desde el 2012 hasta el 2014; no obstante, para confirmar dicha información, la Dra. Terrero consultó a tres veterinarias en Caracas, en donde en el 2014 sólo se reportaron 16 pacientes que hayan sufrido una amputación y que por ende tuvieran la necesidad de adquirir una prótesis.

Con base en los criterios mencionados previamente, se seleccionan los siguientes elementos de soporte:

- Soporte para la articulación tarso metatarso falángica
- Soporte para la cadera
- Soporte para la rodilla

Debido a que la propuesta de diseño de los elementos de soporte determinados, radica en la utilización de la tecnología de impresión 3D para la manufactura de la pieza principal, es necesario seleccionar un termoplástico. De acuerdo al estudio de mercado, el material de impresión para elementos de soporte es el identificado como "Visijet", que en sus diferentes presentaciones es uno de los mejores materiales para la fabricación de aparatos ortopédicos, sin embargo, no se hace uso del mismo en la prestación del servicio planteado debido a que dicho material sólo es compatible con las impresoras de uso profesional de marca "Projet" de la compañía 3D Systems, cuyos valores ascienden de \$ 5.000.

Ante la imposibilidad de adquirir una impresora que fabrique piezas con el material antes mencionado, es necesario investigar los diferentes termoplásticos e impresoras disponibles en el país, además de las tecnologías de impresión viables de implementar. Dicha información se obtiene de la “Primera Expo-Jornada de Tecnologías de Impresión 3D”, realizada en Caracas el día 20 de junio del 2015. De allí se realiza la selección previa de los termoplásticos PLA, ABS y PVA, los cuales son utilizados en la tecnología de impresión FDM.

Posteriormente, en una entrevista a un experto (Ver **Tabla 4**), se discuten las características de los termoplásticos preseleccionados y se elige, aquel que mejor se adapte a las necesidades del producto. En primer lugar se descarta el PVA debido a que es un termoplástico enfocado a impresoras con doble extrusor de filamento, además es utilizado como material de soporte en piezas complejas, ya que es sencillo de remover al aplicar agua. Luego, se selecciona el plástico ABS como material de impresión, debido a que su resistencia respecto al PLA es mayor. Además, las piezas fabricadas con dicho material pueden ser mecanizadas con facilidad sin afectar su acabado y resisten altas temperaturas, en cambio, las piezas elaboradas con el plástico PLA son más frágiles y suelen deformarse a temperaturas elevadas.

En cuanto al diseño de la pieza, se decide fabricar elementos no articulados. Se escoge dicho esquema para evitar utilizar materiales flexibles o metálicos que no se pueden producir bajo la tecnología de impresión en tres dimensiones, además, de acuerdo al juicio de expertos (Ver **Tabla 4**), coinciden en que a pesar de que las piezas articuladas tienen un aspecto más atractivo y pudieran ser más cómodas para los pacientes, no proporcionan mayor soporte que los elementos no articulados, por lo cual no se justifica incrementar el costo de los elementos ni la dificultad de diseño incorporando articulaciones.

Con los resultados de la segunda encuesta exploratoria (Ver **Anexo 2: Segunda encuesta**), se opta por diseñar y fabricar elementos de soporte a la medida de cada paciente, debido a que alrededor del 70% de los encuestados, prefirieron un servicio completamente personalizado para sus mascotas sin importar los costos adicionales o demora en la entrega del producto.

Respecto a los accesorios para los aparatos ortopédicos establecidos, se seleccionan correas de “velcro” para sujetar el elemento al animal. El “velcro” es un sistema de cierre compuesto por dos tejidos diferentes, uno llamado garfio que está cubierto por

cientos de ganchos delgados, y otro llamado lazo formado por rizos delgados o felpa, que permiten con facilidad la unión y desunión. Dicho sistema se elige debido a su resistencia al calor y al frío, además como no contiene materiales metálicos, no se oxida ni es corrosiva; es un material económico y de fácil acceso en el país, que se puede lavar y secar sin afectar sus propiedades, es cómodo para la mascota, y es el más utilizado por los proveedores tanto nacionales como internacionales. Para asegurar el “velcro” a la estructura del elemento de soporte, se opta por utilizar remaches de plástico y pasadores metálicos, dándole mayor resistencia y durabilidad a la pieza.

Para brindar confort, proteger y evitar lesiones en el miembro afectado del paciente, se decide colocar al elemento de soporte un forro interno de goma espuma.

4.4. Desarrollo del Prototipo

Para comenzar el desarrollo del prototipo es necesario la elaboración de dos moldes de yeso del sujeto de estudio de esta investigación (Ver **Figura 15**). Dichos moldes corresponden a los miembros anteriores del can, donde la extremidad derecha sufrió una amputación en la zona falángica como se aprecia en la **Figura 16**.

Dada la lesión del paciente, es necesario diseñar un aparato ortopédico que se ajuste a su condición, con el fin de mejorar su movilidad y calidad de vida. Según experto en ortopedia animal (Ver **Tabla 4**), el elemento de soporte apropiado para este caso es el soporte para la articulación del carpo metacarpo falángico. A pesar de que dicho elemento no fue considerado como uno de los principales para el diseño y fabricación en el servicio propuesto, se selecciona debido a que la dificultad de diseño se asemeja al soporte para la articulación tarso metatarso falángica y a su vez, el tamaño necesario para la estructura del aparato cumple con los requisitos de fabricación.



Figura 15. Sujeto de Estudio
Fuente: Propia (2015)



Figura 16. Miembros anteriores del sujeto de estudio
Fuente: Propia (2015)

Se hará uso de vendas sintéticas “Delta-Cast Elite” para inmovilización impregnadas con una resina de poliuretano para recubrir los miembros anteriores. Dichas vendas, se llenan con yeso para poder obtener las copias exactas de las extremidades del paciente (Ver **Figura 17** y **Figura 18**).



Figura 17. Moldes de vendas sintéticas de los miembros anteriores.
Fuente: Granado, Adelina (2015)



Figura 18. Copias de yeso de miembros anteriores.
Fuente: Propia (2015)

Con las copias de yeso de las extremidades del paciente, inicia el proceso de digitalización, para lo que se utiliza el brazo digitalizador “Microscribe MLX” (Ver **Figura 19**) de la A.C. Consultores UCAB. En dicho proceso se obtiene la nube de puntos correspondiente a cada zona escaneada en una hoja de cálculo. Cada nube define una curva de la estructura del elemento de soporte, utilizando una aplicación CAD 3D.



Figura 19. Brazo Digitalizador “Microscribe MLX”
Fuente: A.C. Consultores UCAB (2015)

Para establecer el grosor de la pieza a diseñar es necesario realizar un proceso experimental, donde se determina la fuerza necesaria para deformar el termoplástico seleccionado. Este ensayo también permite comprobar si la estructura impresa sería capaz de soportar el peso del animal.

Con un dinamómetro se aplican fuerzas en distintas muestras de ABS. En primer lugar, se realiza un experimento no controlado con piezas aportadas por la empresa Tecnoprint 3D C.A, con probetas desiguales que poseían áreas diferentes y grosores variables (Ver **Figura 20**).

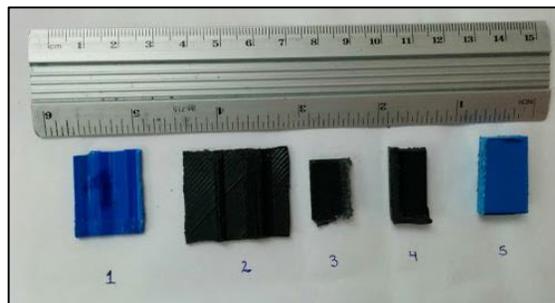


Figura 20. Muestras de ABS
Fuente: Propia (2015)

Los datos referentes a las piezas utilizadas para esta primera parte y sus respectivos resultados se pueden apreciar en la **Tabla 13** y **Tabla 14**.

Tabla 13. Datos de las piezas utilizadas en el primer experimento.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Pieza	Espesor(mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (mm^2)	Fuerza aplicada (KgF)
1	1,70	25	20	500	2,20
2	2,40	33	28	924	15,00
3	4,10	18	12	216	16,00
4	5,40	24	12	288	18,80
5	8,00	24	13	3,13	19,80

Tabla 14. Resultados Obtenidos.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4	Pieza 5
Ensayo:					
Resultado:	Concluyente	Concluyente	No Concluyente	No Concluyente	No concluyente

Se considera un resultado “concluyente” aquel en donde la probeta resulta destruida luego de aplicar una fuerza con el dinamómetro, pudiendo obtener el valor máximo que resiste dicha pieza a cierto espesor. En cambio, se considera “no concluyente”, aquel en donde la probeta no se puede destruir al aplicar una fuerza con el dinamómetro, por lo que el resultado obtenido no representa el valor máximo que resiste la pieza a dicho espesor.

Posteriormente se realiza una segunda prueba con piezas de ABS impresas en el Laboratorio de Desarrollo de Nuevos Productos de la Universidad Católica Andrés Bello. Dicha prueba se considera como un experimento controlado con piezas con las mismas medidas de amplitud y longitud, donde la única variable es el espesor de las probetas. (Ver **Figura 21**)

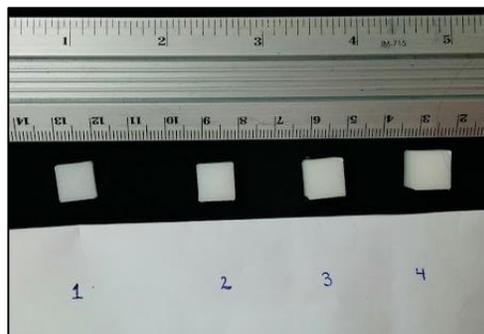


Figura 21. Muestras impresas en el laboratorio de la Universidad Católica Andrés Bello
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Los datos referentes a las piezas utilizadas para el segundo experimento y los resultados obtenidos se pueden apreciar en la **Tabla 15** y **Tabla 16**.

Tabla 15. Datos de las piezas utilizadas en el segundo experimento.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Pieza	Espesor (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)	Fuerza aplicada (KgF)
1	2,00	10	10	100	16,00
2	4,00	10	10	100	34,60
3	6,00	10	10	100	37,20
4	8,00	10	10	100	37,40

Tabla 16. Resultados Obtenidos
Fuente: Elaboración Propia (2015)

	Pieza 1	Pieza 2	Pieza 3	Pieza 4
Ensayo:				
Resultado:	Concluyente	No Concluyente	No Concluyente	No Concluyente

Tomando como base los resultados del experimento se establece el grosor del aparato ortopédico. Como se aprecia en las tablas anteriores, las probetas con aproximadamente dos milímetros de espesor cedieron al aplicar fuerzas de 15 y 16 KgF sobre ellas, pero las muestras con un espesor mayor o igual a cuatro milímetros soportaron fuerzas mayores sin ceder, esto lleva a la primera conclusión de que el grosor de la estructura del elemento de soporte debe ser mayor de dos milímetros.

Es importante mencionar que, de acuerdo con la información suministrada por el experto en veterinaria (Ver **Tabla 4**), el peso de los canes se encuentra distribuido en un 60% en los miembros anteriores y 40% en los miembros posteriores. Teniendo en cuenta que el peso del sujeto de estudio es de 20 kg, sus miembros anteriores deben soportar un peso de 12 kg, 6 kg en cada extremidad. Dichos valores se encuentran por debajo de las fuerzas aplicadas en las probetas experimentales, lo que lleva a la conclusión de que un

aparato ortopédico con un espesor mayor a dos milímetros podría soportar el peso del animal sin ceder.

Según experto (Ver **Tabla 4**), para este paciente en particular, el grosor final del elemento de soporte, incluyendo el forro interno y otros materiales, no debe exceder de 20 milímetros, para asegurar la comodidad del animal.

Finalmente, en vista de que para probetas con espesor menor o igual a dos milímetros de espesor el resultado fue concluyente, y para muestras con grosor mayor o igual a cuatro milímetros el resultado fue no concluyente, se decide utilizar como criterio de diseño una pieza con tres milímetros de espesor, empleando un factor de seguridad del 50%.

Luego de establecer el espesor del aparato ortopédico, cabe la duda de que el paciente, a través de la mordida, pueda destruir el elemento de soporte. Según el artículo “Fuerza en mandíbulas de canis familiaris”, es imposible evaluar la fuerza promedio que ejerce un perro al morder, debido a que depende de muchos factores como la longitud de las mandíbulas, el tamaño de macizo cráneo-facial y el tamaño muscular de los músculos masticadores, por mencionar algunos aspectos (Picó Peri, 2007). En conclusión, por los motivos mencionados, la fuerza que ejerce la mordida del perro no es considerada como un factor determinante para el diseño del elemento de soporte.

Determinado el grosor a utilizar en el diseño y realizada la digitalización, proceso explicado previamente, se procede a convertir dichos datos en el croquis inicial para comenzar el diseño del elemento de soporte en una aplicación CAD-3D (Ver

Figura 22). Posteriormente, se realiza el diseño de la estructura del aparato ortopédico con base en las curvas construidas por las nubes de puntos (Ver **Figura 23**).

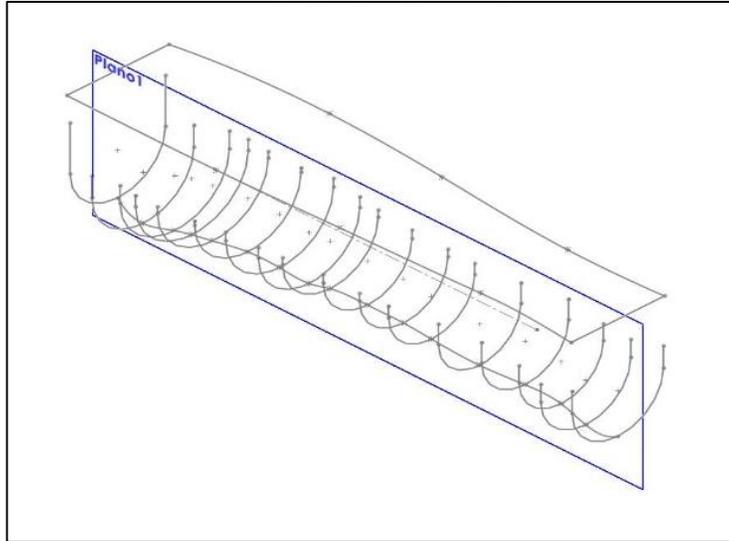


Figura 22. Curvas generadas a partir de las nubes de puntos.
Fuente: Elaboración Propia (2015)



Figura 23. Estructura diseñada con aplicación CAD-3D
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Una vez culminado el diseño de la estructura, se transforma el archivo CAD-3D al formato STL, el cual consiste en una separación por capas que constituyen los elementos geométricos que permiten la impresión 3D (Ver **Figura 24**).

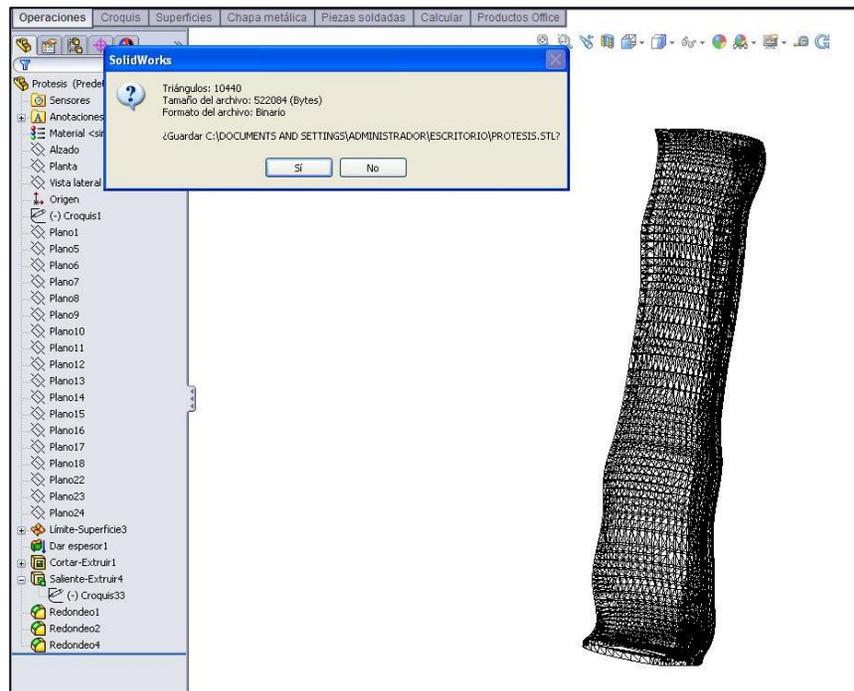


Figura 24. Estructura en formato STL
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Con la estructura del elemento de soporte impresa, se da inicio a la incorporación del forro interno, accesorios y otros materiales con base en los factores y parámetros de diseño definidos previamente. Adicionalmente, para evitar el desgaste de la estructura del elemento de soporte, se agrega una goma anti resbalante; de igual manera se coloca un relleno, utilizado plantillas ortopédicas para seres humanos, que servirá para dar apoyo en las zonas afectada del sujeto de estudio, asimismo, se añaden protectores de neopreno en las correas para evitar el roce con el miembro afectado del paciente.

A continuación, en la **Figura 25** se observa el proceso de incorporación de los materiales necesarios para finalizar la fabricación del aparato ortopédico.



(*) Imágenes referenciales

Figura 25. Incorporación de forro interno y accesorios a la estructura del elemento de soporte

Fuente: Elaboración Propia (2015)

4.5. Procesos requeridos en el servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte

Después de comprobar que es posible diseñar y fabricar un elemento de soporte externo que se ajuste a las necesidades específicas de cada de paciente por medio de la tecnología de impresión en tres dimensiones, se procede a desarrollar el modelo de servicio. Dicho servicio está constituido por las siguientes etapas, que se explicarán a detalle más adelante:

- I. Estudios veterinarios.
- II. Diseño y Fabricación.
- III. Entrega y Seguimiento.

Para llevar a cabo el desarrollo de los procesos requeridos en el servicio de diseño y fabricación de elementos de soporte, con base en los factores considerados, es necesario establecer las siguientes premisas:

- Tradicionalmente se estima poseer un local, realizar un registro mercantil y llevar a cabo todos los procedimientos necesarios para crear una empresa. Sin embargo, debido a la versatilidad y el dinamismo de la impresión 3D, es posible crear modelos en cualquier lugar donde se posea una computadora con el “software” de diseño adecuado, por lo que se descarta la implementación de un modelo tradicional de negocio para el servicio propuesto.
- Al tratarse de un negocio no tradicional se elige el uso de la plataforma web para la promoción del servicio de diseño y fabricación, descartando la necesidad de poseer un espacio físico o la contratación de personal como lo requeriría una empresa formal.
- Se decide utilizar redes sociales gratuitas como Instagram, Facebook y Twitter para promocionar el servicio y permitirle a los clientes valorar y comentar sobre el servicio y el producto que se les hizo entrega. Con dichas opiniones y evaluaciones, se podrá conocer los reclamos y por lo tanto las oportunidades de mejora, además, servirá como incentivo a nuevos clientes y ayudará a conseguir una buena reputación en el mercado.
- La comunicación entre las partes interesadas se lleva a cabo mediante correos electrónicos y vía telefónica.

- El cliente del servicio propuesto es el centro veterinario, es decir, el negocio no está orientado a los dueños de mascotas; por lo tanto, el centro veterinario actúa como el enlace entre el consumidor final y la empresa encargada del diseño y fabricación del elemento de soporte.
- La prestación del servicio de diseño y fabricación sólo se lleva a cabo en Caracas, ya que las encuestas y estadísticas que sirvieron como fuente de información para determinar los factores y parámetros de diseño se llevaron a cabo en esta región.
- Con base en los parámetros y factores técnicos de diseño y fabricación, se decide elaborar principalmente los siguientes elementos: Soporte para tarso metatarso falángica (TMF), soporte para la rodilla y soporte para la cadera. Sin embargo, si un paciente requiere un aparato ortopédico diferente a los mencionados, se evaluará el caso correspondiente y en función a dicho estudio se decidirá si se fabrica o no el elemento.
- Como se trata de una iniciativa innovadora en la región, no se considera pertinente la inversión para adquirir un aparato de impresión 3D y sus insumos, por lo cual se opta por tercerizar el servicio de impresión con la empresa Technoprint 3D C.A., quienes cuentan con una impresora ROBO 3D Modelo R1. No se considera solicitar el servicio de impresión de la A.C. Consultores UCAB, ya que la impresora 3D, sólo es utilizada con fines académicos en las asignaturas de la escuela de ingeniería industrial.
- Tomando en consideración el volumen de construcción de la impresora ROBO 3D Modelo R1 de 25,4 x 22,9 x 20,3 cm en los ejes “x”, “y” y “z”, en la evaluación del caso, se debe determinar según las medidas del paciente, si el tamaño de la estructura necesaria cumple con las limitaciones de impresión.
- Actualmente la impresora Technoprint 3D C.A no cuenta con un escáner en funcionamiento, por lo que se decide contratar los servicios de la A.C. Consultores UCAB para el proceso de digitalización de las curvas necesarias del molde para el diseño del elemento de soporte.
- Según el diagnóstico del paciente, se determina si es necesario realizar una copia exacta del miembro afectado o si además se requiere un molde del miembro sano para el diseño de la pieza. Los gastos asociados a la elaboración de los moldes de yeso corren por cuenta del dueño de la mascota según lo considere el centro veterinario.

-
- Los distintos envíos del molde o los moldes de yeso y de la estructura del elemento de soporte se realizan por medio de un servicio de transporte expreso por comodidad del cliente y de la empresa. Como no se posee una empresa con un espacio físico, la dirección de destino de dichos envíos se acuerda previamente con los diseñadores.
 - En vista que se presenta un servicio innovador que ofrece un producto que no se encuentra en el mercado venezolano, se ofrece una garantía de un año contra defectos de fabricación. Dicho período serviría como prueba debido a que se desconoce cómo responderá el producto una vez se encuentre en uso, el desgaste diario del aparato y resistencia a la mordida del animal.

Con base en las premisas mencionadas anteriormente, el modelo de servicio de diseño y fabricación es el siguiente:

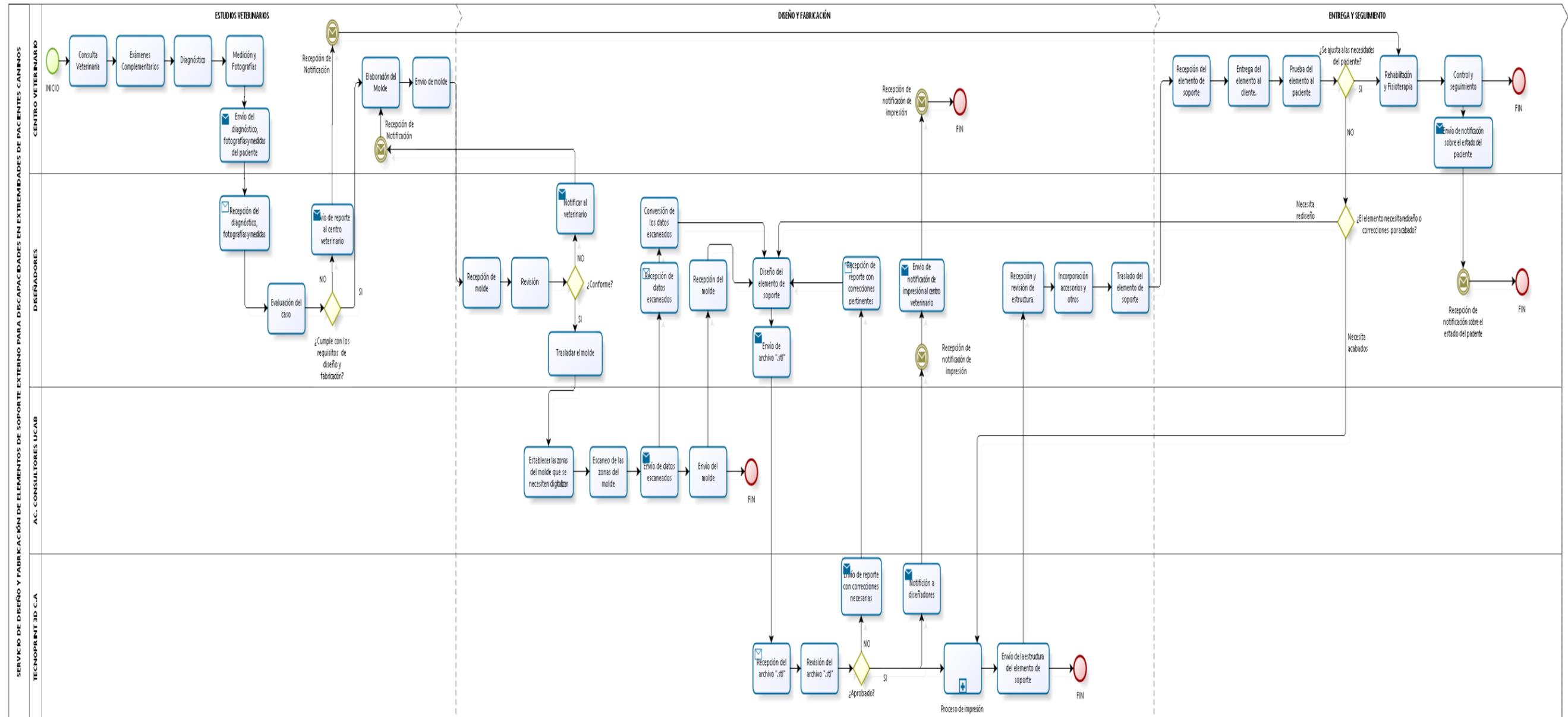


Figura 26. Modelo del servicio de diseño y fabricación
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Como se observa en la **Figura 26**, las asociaciones claves¹ para el funcionamiento del negocio son: el centro veterinario, la A.C. Consultores UCAB quienes prestan el servicio de digitalización y la empresa Tecnoprint 3D C.A quienes están a cargo de la impresión y acabado de la estructura de los aparatos ortopédicos. Dichas relaciones tienen como objetivo, reducir costos de inversión al realizar las actividades para el diseño y fabricación de los aparatos ortopédicos que requieran recursos específicos y especializados. Además, para asegurar que se cumplan con las necesidades del paciente, cada socio se encarga de realizar los procesos que son propios de su empresa, ya que cuentan con los conocimientos y la experiencia para promover un producto de calidad.

Previamente se mencionaron las tres etapas que constituyen el modelo de servicio, a continuación se explican detalladamente.

- I. **Estudios veterinarios:** En esta etapa inicia el servicio con la recepción del paciente en el centro veterinario. En dicha fase se realizan exámenes complementarios y se diagnostica al paciente, dicho diagnóstico es enviado a los diseñadores quienes determinan si es factible o no diseñar y fabricar el elemento de soporte necesario. De ser positiva la respuesta se le notifica al centro veterinario que dé comienzo al proceso de elaboración del molde, de lo contrario el paciente pasa al proceso de rehabilitación y fisioterapia. (Ver **Figura 27**).

Ejecutantes: Centro Veterinario, Diseñadores.

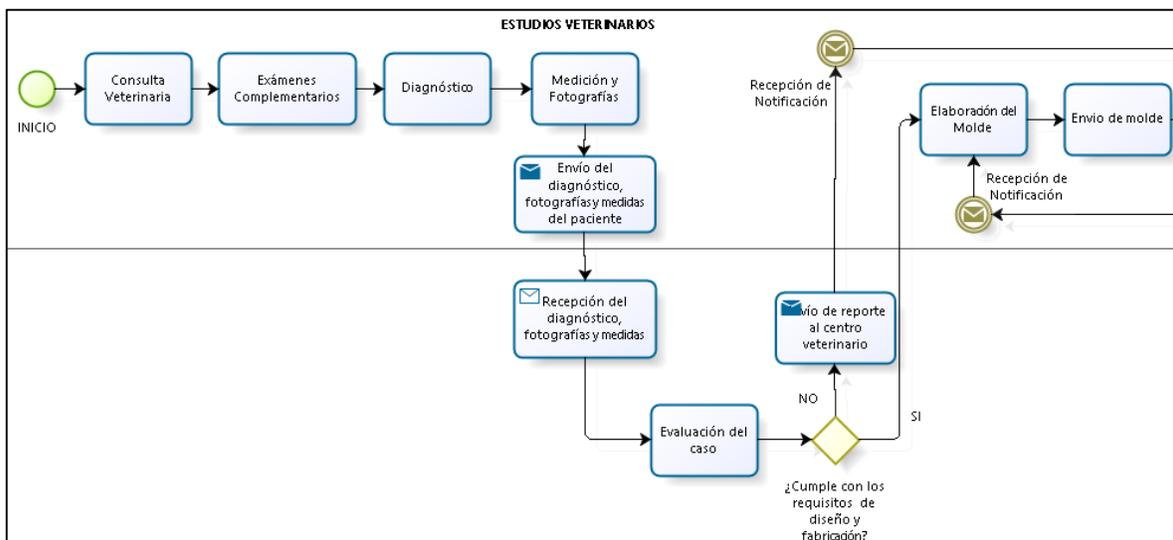


Figura 27. Etapa de estudios veterinarios
Fuente: Elaboración Propia (2015)

¹ Asociaciones claves: Red de proveedores y socios que contribuyen al funcionamiento de un modelo de negocio. (Osterwalder & Pigneur, 2011)

II. **Diseño y Fabricación:** Esta es la etapa fundamental del servicio, ya que se llevan a cabo los procesos de diseño y fabricación del elemento de soporte. Consta de la digitalización del molde y el envío de la nube de datos digitalizados, tanto del miembro afectado como del sano según lo amerite el caso; con dicha información se procede al diseño del elemento utilizando una aplicación CAD 3D. El diseño es enviado en un archivo “.STL” vía correo electrónico a la empresa encargada de la impresión y acabado de la estructura, finalmente la pieza impresa es regresada a los diseñadores donde se incorporan de los elementos faltantes. (Ver **Figura 28**)
Ejecutantes: Diseñadores, A.C. Consultores UCAB, Tecnoprint 3D C.A)

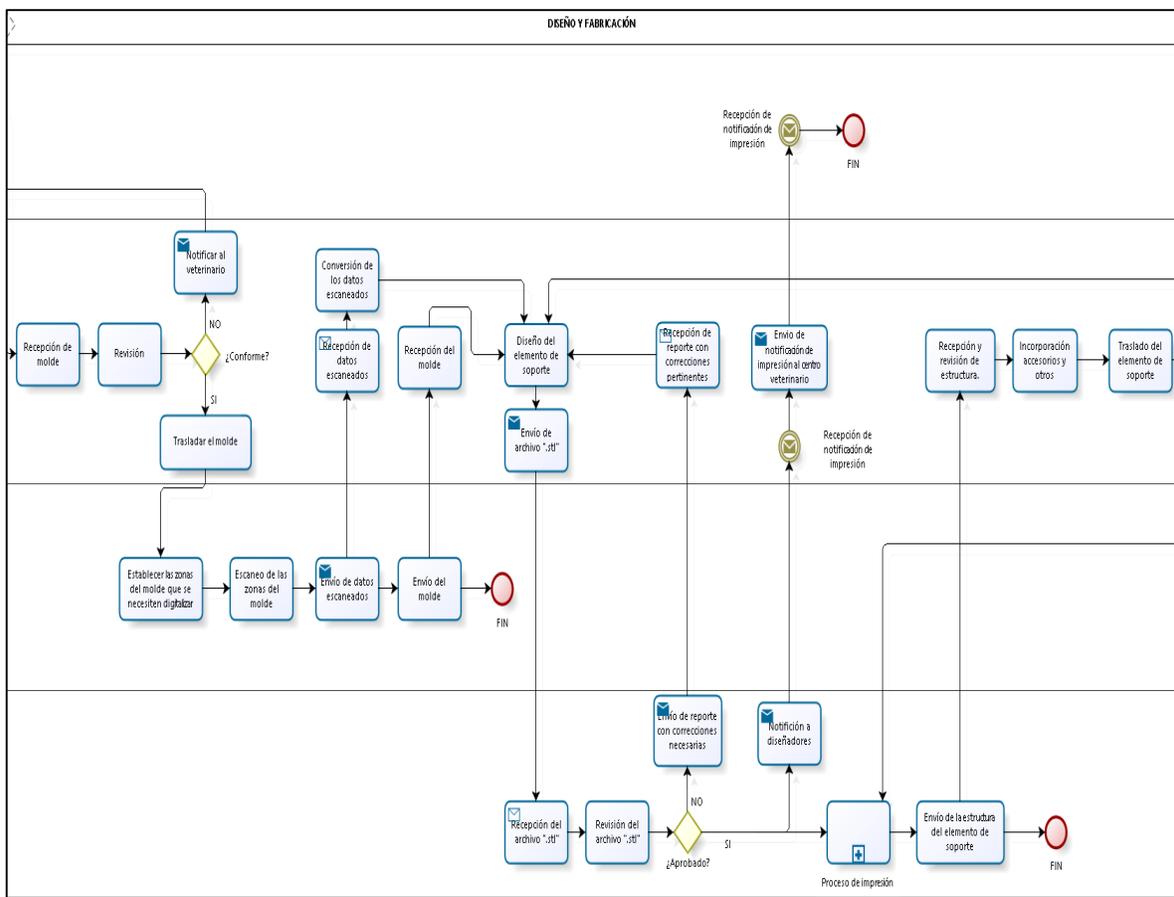


Figura 28. Etapa de Diseño y Fabricación.
 Fuente: Elaboración Propia (2015)

Es importante mencionar que el proceso de impresión consta de un subproceso (Ver **Figura 29**), el cual según expertos (Ver **Tabla 4**) es de gran importancia debido a que la correcta ejecución del mismo definirá la calidad de la pieza impresa.

Ejecutante: Tecnoprint 3D C.A.

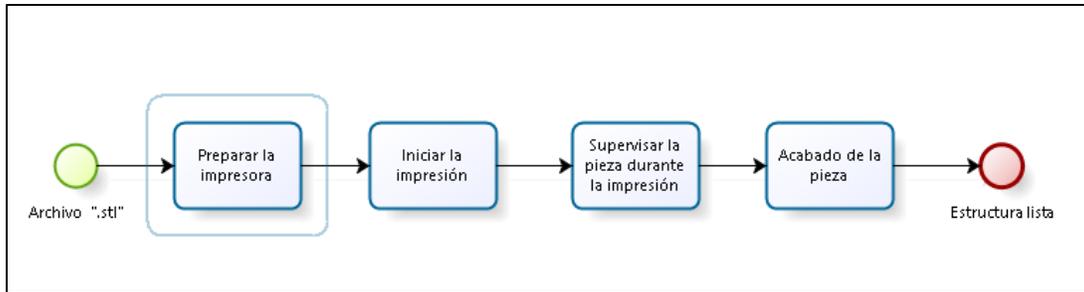


Figura 29. Proceso de Impresión
Fuente: Elaboración Propia (2015)

III. **Entrega y Seguimiento:** En esta etapa se finaliza el servicio. Se realiza la entrega del producto asegurando el ajuste perfecto a las necesidades del paciente. Asimismo se lleva a cabo el servicio post-venta con el control y seguimiento del caso. (Ver **Figura 30**)

Ejecutantes: Centro Veterinario.

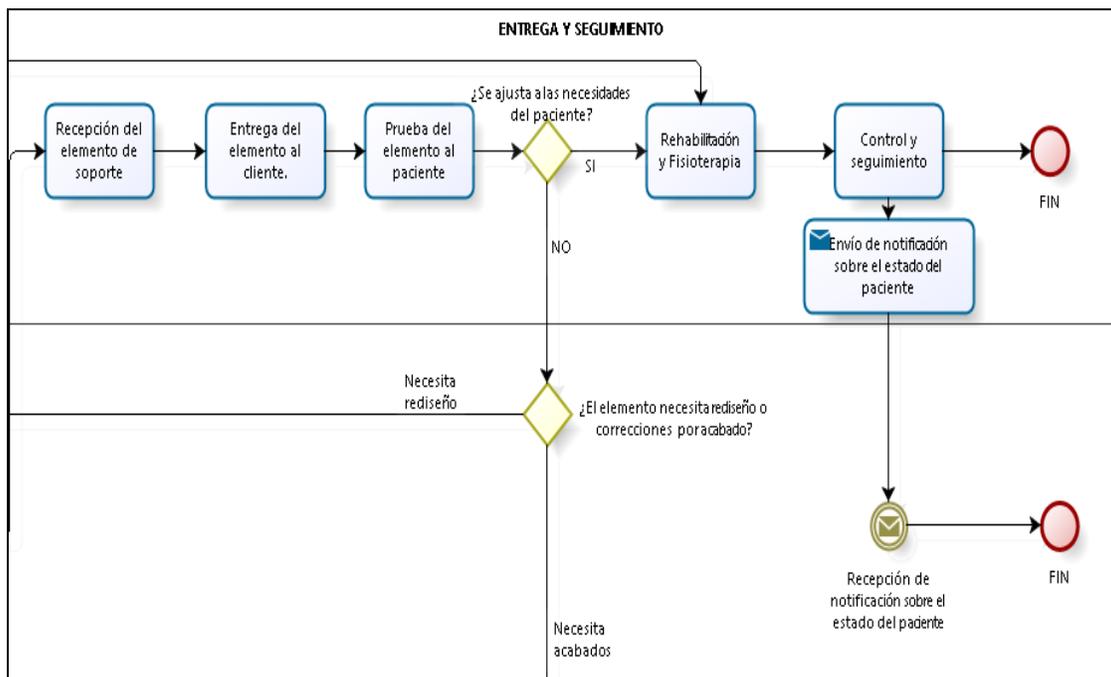


Figura 30. Etapa de entrega y seguimiento.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Para información detallada de los procesos realizados en cada etapa dirigirse a los anexos (**Anexo 6: Informe de Bizagi**)

4.6. Recursos que aplicarán en la implementación del servicio propuesto

Una vez establecidos los procesos requeridos para el servicio propuesto, se determinan los recursos y costos asociados al diseño y fabricación del elemento de soporte del sujeto de estudio del presente trabajo de investigación.

En la **Tabla 17**, se muestran los recursos y costos aproximados necesarios para la fabricación del prototipo.

Tabla 17. Costos asociados a la fabricación del prototipo.
Fuente: Elaboración Propia (2015)

Recurso	Especificación	Prototipo	Costo (Bs)	Proveedor	Fecha
Servicio de Digitalización	100 Bs por punto	100 puntos	10.120,00 (Ver Anexo 7)	A.C. Consultores UCAB	Octubre de 2015
Servicio de Impresión	-	-	20.160,00 (Ver Anexo 8)	Tecnoprint 3D C.A	
Goma	85 Bs por metro	30 cm	25,50	Gomas Cobra	
Velcro	150 Bs por metro	100 cm	150,00	-	
Forro Interno	500 Bs	82 x 92 cm	500,00	Protec Neopren - Locatel	
Pasadores metálicos	200 Bs cada uno	3 pasadores	600,00	-	
Transporte expreso	Envío de puerta a puerta. Máximo 2kgs de peso	Moldes de 0,7Kgs	182,00	MRW	
Otros	2000 Bs	Pega, remaches y demás accesorios	2.000,00	Varios	
Total			33.712,00		

Luego de establecer el costo de producción del aparato ortopédico, se estima un precio promedio de venta al centro veterinario de Bs. 47.000,00 antes de impuestos, debido a que se estima obtener una ganancia al rededor del 40%. Dicho porcentaje corresponde a un 20% por la prestación del servicio de diseño, y el porcentaje restante, representa las ganancias adicionales esperadas en caso de implementar el servicio propuesto.

Con base en las encuestas exploratorias (Ver **Anexo 1** y **Anexo 2**) realizadas en el año en curso, en Todo Pets el día 17 de marzo y en Don Perro el 15 de agosto, se concluye que el servicio tendría posibilidad de ser viable debido a que alrededor del 15% y el 12% de los encuestados en dichas tiendas respectivamente, estarían dispuestos a pagar por el precio establecido.

Según las necesidades y especificaciones del paciente y por ende los requerimientos de diseño y fabricación del elemento de soporte, los precios pueden variar notablemente; aspectos como el tamaño y peso del paciente, afectan los costos asociados a la impresión, forro interno, goma, y entre otros. Sin embargo, al ser un mercado tipo emocional, el precio a pagar por un elemento de soporte no es de mayor relevancia, ya que según las respuestas de las encuestas exploratorias (Ver **Anexo 1** y **Anexo 2**), los dueños de las mascotas estarían dispuestos a pagar lo que ofrezca el mercado.

Hasta el momento sólo se ha determinado la viabilidad del servicio diseñado, si se quisiera convertir el mismo en un proyecto de emprendimiento, se deben tomar en consideración los costos asociados al local de trabajo, el personal y el mercadeo. Inicialmente, estos costos podrían considerarse nulos dadas las siguientes premisas:

- Al tratarse de un modelo de negocio no tradicional, se prescindirá de un local de trabajo. Debido a la versatilidad de la impresión en tres dimensiones, bastará con un espacio donde se posible ubicar una computadora para realizar el diseño de los aparatos ortopédicos.
- Los diseñadores son responsables de administrar y llevar a cabo el servicio propuesto, por lo que no se considera necesario la contratación de personal adicional.
- Se emplearan redes sociales gratuitas para la promoción del servicio.

Los elementos necesarios para el montaje formal del plan de negocio no forman parte de este trabajo de investigación.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones una vez analizados los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación. Igualmente, se exponen diversas recomendaciones en caso de que desee llevar a cabo el servicio propuesto como un proyecto de innovación y emprendimiento.

5.1. Conclusiones

- Se determinaron los elementos de soporte externos para discapacidades en extremidades de pacientes caninos según la morfología del animal, donde se establecieron los doce aparatos más comunes en el mercado actual, los cuales son:
 - ✓ Soporte para la articulación del codo.
 - ✓ Soporte para la articulación radio-cúbito-carpiana.
 - ✓ Soporte para la articulación del carpo metacarpo falángica.
 - ✓ Soporte para el hombro.
 - ✓ Prótesis para miembro anterior.
 - ✓ Silla de ruedas para miembros anteriores.
 - ✓ Soporte para la rodilla.
 - ✓ Soporte para la cadera.
 - ✓ Soporte para la articulación tibio-tarsiana.
 - ✓ Soporte para la articulación del tarso metatarso falángica.
 - ✓ Prótesis para miembro posterior.
 - ✓ Silla de ruedas para miembros posterior.

Posteriormente se realizó la caracterización de los elementos a través de diversas tablas descriptivas, clasificadas en tres grupos: prótesis, órtesis y sillas de ruedas; en donde se identificó el tipo de fabricación, los materiales y el tipo de diseño, entre otros factores, que actualmente utilizan diferentes proveedores tanto nacionales como internacionales.

- Se identificaron las lesiones y patologías que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos, viables para implementar aparatos ortopédicos. Con dicha información, por medio de un Diagrama de Pareto, se pudo determinar que el soporte para la articulación del tarso metatarso falángica, el soporte para la

rodilla y el soporte para la cadera, que corresponden al 25% de los elementos necesitados, constituyen el 80,52% de la demanda en la región capital según el número de pacientes atendidos. Además, según las estadísticas manejadas por la Fundación Ortopédica para los Animales (OFA), las enfermedades más comunes que afectan las extremidades de los canes son la displasia de cadera y la dislocación de rótulas, por lo que el soporte para la cadera y el soporte para la rodilla respectivamente, coinciden con los elementos más solicitados en la región.

- Los factores técnicos y parámetros que condicionaron el rediseño de los elementos de soporte, se determinaron a través de un diagrama basado en tres fuentes de información: la caracterización de los aparatos ortopédicos en el mercado actual, las estadísticas suministradas por el centro REHABIVET y una encuesta exploratoria. De dichas fuentes, por medio de un descarte progresivo, se seleccionó el soporte para la articulación del tarso metatarso falángica, el soporte para la rodilla y el soporte para la cadera. Asimismo, para su fabricación se escogió el termoplástico ABS para la impresión de la estructura; un diseño no articulado a la medida de cada paciente; correas de velcro para sujetar el aparato al animal; remaches de plástico y pasadores metálicos para asegurar las correas a la estructura; y un forro interno de goma espuma para brindar confort, proteger y evitar lesiones al miembro afectado del paciente.
- Es factible el diseño y fabricación de un elemento de soporte a través de la tecnología de impresión 3D, debido a que se logró desarrollar un prototipo ajustado a las necesidades específicas del sujeto de estudio de este trabajo de investigación, utilizando la digitalización en tres dimensiones, el diseño en una aplicación CAD 3D y la impresión por deposición de material. Dicho prototipo se realizó en función de los factores y parámetros de diseño previamente considerados, donde por medio de un experimento, se comprobó que el material ABS es el apropiado para fabricar elementos de soporte.

- Se diseñaron los procesos requeridos para la implementación del servicio de diseño y fabricación de aparatos ortopédicos. Se agruparon en tres etapas para llevar a cabo el servicio propuesto:
 1. Estudios veterinarios
 2. Diseño y fabricación
 3. Entrega del producto y seguimiento del paciente.

- Con respecto a los participantes necesarios para el funcionamiento de dicho servicio, se concluyó que se requieren tres asociaciones claves que contribuyan con los diseñadores: El Centro veterinario, quién además de ser el cliente del servicio propuesto, es el enlace con el dueño de la mascota, y el encargado llevar a cabo todos los estudios veterinarios incluyendo la rehabilitación y fisioterapia del paciente; AC. Consultores UCAB quien se encarga de prestar el servicio de digitalización; y Tecnoprint 3D C.A quien ofrece el servicio de impresión 3D de la estructura de los aparatos. Del mismo modo, los diseñadores son los responsable de administrar el servicio y tomar las decisiones pertinentes para que los procesos se lleven a cabo según lo estipulado, además de diseñar y fabricar el elemento encargado.

- La implementación del servicio podría ser factible, debido a las características tipo emocionales que presenta el mercado; esto pudo verse reflejado en las respuestas de los encuestados quienes estarían dispuestos a pagar lo que fuera por un elemento de soporte, ya que consideran a sus mascotas como un miembro más de su familia.

5.2. Recomendaciones

De acuerdo al estudio realizado en la presente investigación y las conclusiones obtenidas, se sugieren las siguientes recomendaciones:

- Realizar un censo en el ámbito nacional de la población canina, debido a que en la actualidad no se posee ningún tipo de registro que determine la cantidad aproximada de perros en el país y por ende se desconoce el porcentaje de los mismos que pueda sufrir algún tipo de discapacidad en sus extremidades.

-
- Para establecer los elementos de soporte con mayor residencia en la región capital, se sugiere extender el estudio en distintos centros veterinarios para poder obtener una base de datos mayor de las lesiones y patologías que producen discapacidad en extremidades de pacientes caninos.
 - Realizar el plan de negocio para poder implementar el servicio propuesto.
 - Elaborar un estudio exhaustivo sobre los diferentes materiales y accesorios necesarios para la fabricación de los elementos de soporte.
 - En vista del auge de la tecnología de impresión en tres dimensiones en el país, se sugiere evaluar nuevos proveedores para el servicio de digitalización e impresión, que agreguen valor al producto de acuerdo a los avances tecnológicos del momento.
 - Evaluar la viabilidad económica de adquirir o tercerizar el servicio de un Escáner 3D en vez de contratar a A.C. Consultores UCAB para el proceso de digitalización por medio del brazo digitalizador “Microscribe MLX. Una vez comparado los costos asociados, se recomienda estudiar la dificultad de diseño con el uso del Escáner 3D, para poder seleccionar el proceso que se adecue mejor.
 - Realizar un seguimiento del sujeto de estudio para determinar si el prototipo fabricado resiste el uso diario, de manera de comprobar que la calidad del producto ofrecido es la esperada.
 - Realizar un estudio que permita conocer los datos socio-económicos de la población venezolana que posea mascotas con discapacidad para determinar si el mercado cuenta con los recursos para adquirir un elemento de soporte externo.

BIBLIOGRAFÍA

- ¿Qué es el prototipado rápido? (s.f.). Recuperado el 21 de Junio de 2015, de prototipado.es:
<http://www.protorapido.es/que.pdf>
- ¿Qué es un Diagrama de Flujo? (s.f.). Recuperado el 3 de Agosto de 2015, de Aiteco Consultores: <http://www.aiteco.com/que-es-un-diagrama-de-flujo/>
- ¿Qué es un fichero .stl? (s.f.). Recuperado el 28 de Septiembre de 2015, de www.r3ald.com:
<http://www.r3ald.com/que-es-un-fichero-stl>
- ¿Qué es un termoplástico? (3 de Julio de 2014). Recuperado el 12 de Mayo de 2015, de curiosoando.com: <https://curiosoando.com/que-es-un-termoplastico>
- ¿Qué es una impresora 3D? (s.f.). Recuperado el 21 de Junio de 2015, de 3Dimpresoras3D:
<http://www.3dimpresoras3d.com/que-es-una-impresora-3d/>
- ABS y PLA: Diferencias, ventajas y desventajas. (19 de Junio de 2013). Recuperado el 21 de Junio de 2015, de impresoras3d: <http://impresoras3d.com/abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas/>
- Alarcón, V., & Ángel, M. (13 de Mayo de 2013). *El material de impresión ABS y sus características*. Recuperado el 21 de Junio de 2015, de Impresoras3D.com:
<http://impresoras3d.com/el-material-de-impresion-abs-y-sus-caracteristicas/>
- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación* (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Aristigarra, E. (s.f.). *Prospectiva.eu*. Obtenido de El Método Delphi:
http://www.prospectiva.eu/zaharra/Metodo_delphi.pdf
- Ayudas para perros especiales*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2015, de Ortocanis:
<http://www.ortocanis.com/es/>
- Barragán, L., & De Gouveia, J. (Julio de 2014). Factibilidad Técnico Funcional del Rediseño de una Exoprótesis Mono-céntrica de rodilla bajo un enfoque que integre la ingeniería de diseño y de manufactura del prototipo. Ciudad Guayana: Trabajo Especial de Grado.
- Biomechanically Correct Orthotics and Prosthetics for Animals*. (s.f.). Recuperado el 12 de Julio de 2015, de Orthopets: <http://www.orthopets.com/>

- Bizagi*. (s.f.). Recuperado el 25 de Septiembre de 2015, de [www.Bizagi.com/es](http://www.bizagi.com/es):
<http://www.bizagi.com/es>
- Choque, J., Hernández, S., & Falcón, O. (2013). Desarrollo de una Exoprótesis para pacientes con amputación transtibial. Caracas: Trabajo Especial de Grado.
- Corvejón*. (s.f.). Recuperado el 6 de Julio de 2015, de [Buscon.rae](http://buscon.rae.es):
<http://buscon.rae.es/drae/srv/search?val=corvej%F3n>
- Definición de producto*. (Diciembre de 2005). Obtenido de [Promonegocios.net](http://www.promonegocios.net):
<http://www.promonegocios.net/mercadotecnia/producto-definicion-concepto.html>
- Derby the dog*. (25 de Febrero de 2015). Recuperado el 6 de Abril de 2015, de [3D Print Today](http://www.3d-print.today/): <http://www.3d-print.today/?categoryId=29888&currPage=3>
- Eddie's Wheels*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2015, de <http://eddieswheels.com/>
- Estereolitografía*. (s.f.). Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de [es.3dilla](http://es.3dilla.com):
<http://es.3dilla.com/impresora-3d/estereolitografia/>
- FDM Technology*. (s.f.). Recuperado el 21 de Junio de 2015, de [Stratasys](http://www.stratasys.com):
<http://www.stratasys.com/3d-printers/technologies/fdm-technology>
- Ferrer, M. (s.f.). *Desde Cero: El CAD*. Recuperado el 22 de Junio de 2015, de www.arquitectura.com: <http://www.arquitectura.com/cad/artic/elcad.asp>
- Fisioterapia Canina*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2015, de [Ortopedia Canina](http://ortopediacanina.com/es/):
<http://ortopediacanina.com/es/>
- González, D., Pascual, V., & De Gouveia, J. (Junio de 2015). Diseño de un servicio de financiamiento colectivo en una unidad de consultoría de una universidad privada para iniciativas de emprendimiento. Caracas: Trabajo Especial de Grado.
- Guía de plásticos y otros materiales para impresión 3D*. (2 de Septiembre de 2014). Recuperado el 21 de Junio de 2015, de [formizable](http://formizable.com):
<http://formizable.com/2014/09/02/guia-de-plasticos-y-otros-materiales-para-impresion-3d/>

- Gutiérrez, J. (25 de Septiembre de 2012). *Morfología y Estructura General del Perro*.
Obtenido de adiestradorcanino:
<http://www.adiestradorcanino.com/webdelperro/morfologia-y-estructura-general-del-perro/100>
- Hurtado De Barrera, J. (2000). *Metodología de Investigación Holística* (3ra ed.). Caracas: SYPAL.
- Jacob AVECILLA, A. (s.f.). *Glosario de Términos Caninos*. Recuperado el 6 de Julio de 2015, de Gaspalleria: http://www.gaspalleira.es/informacion/glosario_opq.htm
- Linstone, H., & Turoff, M. (2002). *The Delphi Methods*.
- Mariano. (17 de Febrero de 2013). *Impresión 3D, Vinculación de capas laminadas*. Recuperado el 21 de Junio de 2015, de tecnologiadelosplasticos.blogspot.com:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/02/impresion-3d.html>
- Marketing de servicios*. (s.f.). Obtenido de Definicion.de: <http://definicion.de/marketing-de-servicios/>
- Mobility Devices for Pets*. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2015, de Animal Ortho Care: <http://www.animalorthocare.com/>
- Órtesis*. (s.f.). Recuperado el 13 de Abril de 2015, de Ortopedia1: <http://ortopedia1.com/ortesis>
- Orthodog*. (s.f.). Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de <http://orthodog.com/>
- Osterwalder, A., & Pigner, Y. (2011). *Generación de Modelos de Negocios* (1ra. ed.). Barcelona, España: Deusto.
- Picó Peri, A. (Octubre de 2007). *Voraus*. Recuperado el 1 de Octubre de 2015, de Fuerza en mandíbulas de canis familiares: http://www.voraus.com/adiestramientocanino/modules/wfsection/html/a000525_fuerza-en-mandibulas-de-canis-familiares.pdf
- Sabino, C. (2002). *El Proceso de Investigación*. Caracas, Venezuela: Panapo.

San Martín, E. (8 de Septiembre de 2014). *¿Cuántos perros hay en el mundo?* Recuperado el 23 de Marzo de 2015, de Eroski Consumer: <http://www.consumer.es/web/es/mascotas/perros/cuestiones-legales/defensa-animal/2014/09/02/220487.php>

Sinterizado Selectivo por Láser S.L.S. (Marzo de 2012). Recuperado el 21 de Junio de 2015, de tfmrimuned.wordpress.com: <https://tfmrimuned.wordpress.com/sinterizado-selectivo-por-laser-sls/>

Sparacio, G. (20 de Junio de 2015). Aplicación de la impresión 3D en el prototipado y los procesos productivos. *Primera Expo Jornada de Tecnologías de Impresión 3D*. Caracas.

Statistics and Data. (s.f.). Recuperado el 6 de Abril de 2015, de Orthopedic Foundation for Animals: <http://www.offa.org/stats.html>

Tratamiento de fracturas de cadera y prótesis de cadera. (9 de Mayo de 2013). Recuperado el 10 de Abril de 2015, de Fisiolution: <http://www.fisiolution.com/noticias/fracturas-de-cadera-protesis-de-cadera/>

Vargas, J., & Morales, L. (2014). Diseño e implementación de prótesis para extremidad canina. Ciudad de México: Trabajo Especial de Grado.

What material should I use for 3D printing? (23 de Febrero | de 2015). Recuperado el 22 de Junio de 2015, de www.3dprintingforbeginners.com: <http://3dprintingforbeginners.com/filamentprimer/>