



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

TEMA:

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PROTESIS CANINA PARA
EXTREMIDADES DELANTERAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

Autor

Andrade Montesdeoca Eddy Flavio

Tutor:

Ing. Lema Loja Jorge Luis M.Sc.

QUITO – ECUADOR

2021

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Eddy Flavio Andrade Montesdeoca, declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PROTESIS CANINA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS**”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito a los 29 días del mes de julio de 2021, firmo conforme:

Autor: Eddy Flavio Andrade Montesdeoca

Firma:

Número de Cédula: 0803116540

Dirección: Esmeraldas, Quinindé, Roza Zárate, av. 6 de diciembre y 5 de agosto.

Correo Electrónico: eddys_adm@hotmail.com

Teléfono: 0969150020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PROTESIS CANINA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS”, presentado por Eddy Flavio Andrade Montesdeoca para optar por el Título Ingeniero Industrial.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 29 de julio del 2021



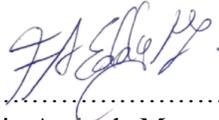
Ing. Lema Loja Jorge Luis M.Sc.

C.I.:

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 29 de julio del 2021



.....
Eddy Flavio Andrade Montesdeoca
0803116540

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PROTESIS CANINA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito,



.....
Ing. Fabián Sarmiento Ortiz
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
Ing. Pablo Ron Valenzuela MSc.
VOCAL

.....
Ing. Andrés Morán Mg.
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, padre celestial que guía mi camino, a mis padres quienes me apoyaron en toda mi carrera y siempre velaron por mi bien, a mis hermanos quienes siempre confiaron en mí y me apoyaron incondicionalmente, a mis compañeros de carrera y a los docente que impartieron con dedicación sus conocimientos para ser un profesional integro.

Eddy Flavio Andrade Montesdeoca

AGRADECIMIENTO

A Dios, padre celestial que con su amor incondicional me ha permitido seguir adelante. A la Universidad Tecnológica Indoamérica y a su cuerpo de docentes quienes con dedicación y esfuerzo forman profesionales íntegros de bien que aporten al desarrollo del país. A mis padres, hermanos quienes no me dejaron desmayar en los momentos difíciles. A mis compañeros y amigos que de alguna manera incentivaron a seguir adelante.

Eddy Flavio Andrade Montesdeoca

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
Marco referencial	15
Antecedentes	19
Justificación.....	20
Objetivos	22
Objetivo General	22
Objetivos Específicos.....	22
CAPÍTULO II	23
INGENIERÍA DEL PROYECTO	23
Diagnóstico de la situación actual de canes con fracturas para posibles amputaciones.....	23
Población y muestra	23
Instrumentación de recolección de datos.....	24
Caracterización de las variables	24
El tiempo que viven los seres vivos. Se separó pacientes caninos en tres grupos por edades:	24
Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de resultados	2
Clasificación de los pacientes caninos del hospital de especialidades SINAI de acuerdo a variables de estudio	2
Análisis del tipo-grupo de fractura por mes de investigación y hueso implicado ...	9
Prótesis en canes	13
Movimiento general de la extremidad delantera del canino	19
Miembro anterior y posterior	19
El paso.....	22
El trote.....	23
El salto largo	24
Área de estudio	26

Modelo operativo.....	27
Descripción del modelo operativo	28
CAPÍTULO III	29
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS	29
Materia prima.....	29
Materiales y tecnología	29
Aluminio	29
Titanio:	30
Polímeros	31
Polietileno	32
Cloruro de polivinilo (PVC).....	32
Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).....	33
Nylon 34	
Silicona.....	35
Termofijos	37
Fenolformadehído	37
Elastómeros	37
Madera.....	40
Selección de material mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados	44
Propuesta de diseño.....	51
Diseño del prototipo.....	51
Diseño de cuerpo 1	54
Diseño de cuerpo 2.....	55
Diseño de cuerpo entero.....	57
Estudio de fuerzas y simulación.....	58
Modelo de simulación 1:1	58
Estudio 1: tensión estática 150N	58
Materiales.....	59
Simulación de Cargas.....	59

Posición de Fuerza 1	59
Posición de Fuerza 2	60
Posición de Fuerza 3	61
Resumen de resultados.....	63
Coeficiente de seguridad	64
Tensión.....	65
Primera principal	66
Tercera principal	67
Desplazamiento	68
Resultados Esperados	69
Cronograma de Actividades.....	71
Análisis de costos.....	72
Mano de obra.....	72
Materiales	72
Elementos fungibles	72
Presupuesto total	73
CAPÍTULO IV	74
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES.....	74
Referencias bibliográficas.....	75
ANEXOS	77
ANEXO 1: Hoja para recolección de información	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Operacionalización de las variables	1
Tabla N° 2. Pacientes caninos con fracturas completas.....	3
Tabla N° 3. Pacientes caninos de acuerdo al Tipo-grupo de fractura por categoría de edad.....	7
Tabla N° 4. Pacientes caninos atendidos en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI	10
Tabla N° 5. Comparación entre los 3 prototipos propuestos	16
Tabla N° 6. Pesos específicos de criterios de selección	44
Tabla N° 7. Alternativas de materiales	45
Tabla N° 8. Peso específico por ligereza del material	46
Tabla N° 9 Peso específico por ‘ No tóxico’	46
Tabla N° 10 Peso específico por económico	47
Tabla N° 11 Peso específico por resistente.....	48
Tabla N° 12 Peso específico por ecológico	48
Tabla N° 13 Peso específico por durable.....	49
Tabla N° 14 Peso específico por ecológico	50
Tabla N° 15. Parámetros de malla de simulación en Fusion 360	58
Tabla N° 16. Materiales utilizados en diseño de prótesis canina	59
Tabla N° 17 Parámetros de fuerza 1 aplicada.....	59
Tabla N° 18 Parámetros de fuerza 2 aplicada.....	60
Tabla N° 19 Parámetros de fuerza 3 aplicada.....	61
Tabla N° 20 Resumen de resultados de fuerzas aplicadas.....	63
Tabla N° 21 Cronograma de Actividades para el diseño del prototipo	71
Tabla N° 22 Costos de mano de obra	72
Tabla N° 23. Costos de materiales.....	72
Tabla N° 24 costos de elementos fungibles	73
Tabla N° 25 Presupuesto total	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. La prótesis creada en Ecuador	17
Figura N° 2. Porcentaje por categoría de edad de pacientes caninos con fracturas.....	4
Figura N° 3. Porcentaje de pacientes caninos por tipo o grupo de fractura.....	5
Figura N° 4. Porcentaje del tipo o grupo de fractura por mes de investigación	9
Figura N° 5. Fractura según el hueso implicado.....	11
Figura N° 6. Imágenes de prótesis usando distintos diseños y materiales.....	13
Figura N° 7. Prototipo 1.....	14
Figura N° 8. Prototipo 2.....	15
Figura N° 9. Prototipo 3.....	16
Figura N° 10. Anatomía del miembro anterior	19
Figura N° 11. Anatomía del miembro posterior	20
Figura N° 12. Angulación del miembro anterior y posterior.	21
Figura N° 13. Movimiento de miembros.	21
Figura N° 14 El paso es la marcha canina más lenta.	23
Figura N° 15. Perro trotando	24
Figura N° 16. Movimientos Progresivos	25
Figura N° 17. Ejemplo de Prótesis de Aluminio	30
Figura N° 18. Ejemplo de Prótesis de Titanio	31
Figura N° 19. Ejemplo de prótesis de rodilla.....	32
Figura N° 20. Ejemplo de sillas de ruedas de vinilo.....	33
Figura N° 21. Ejemplo de prótesis de prótesis impresa en ABS.	33
Figura N° 22. Ejemplo de yeso de nylon.	34
Figura N° 23. Ejemplo de prótesis de silicona.....	35
Figura N° 24. Ejemplo de prótesis de pierna, para nadar.	36
Figura N° 25. Ejemplo de ruedas de fenólicos y fibra de vidrio.....	37
Figura N° 26. Ejemplo de aplicación de caucho.....	38
Figura N° 27 Moldes para la fabricación de piezas de lego mediante inyección.	39

Figura N° 28. Letra de acrílico cortada mediante la técnica láser.	40
Figura N° 29. Principales direcciones de la madera.	41
Figura N° 30. Prótesis de madera tallada por Alexander McQueen.	42
Figura N° 31. MDF resistente al agua.	43
Figura N° 32. Modelo canino para el desarrollo del prototipo	52
Figura N° 33. Toma de medidas para diseño de prótesis	53
Figura N° 34. Cuerpo superior del Prototipo diseñado.....	54
Figura N° 35. Apoyo inferior que simula la pata del canino.	55
Figura N° 36. Diseño completo del prototipo de prótesis canina para extremidades delanteras	57
Figura N° 37. Posición de fuerza 1	60
Figura N° 38. Posición de fuerza 2	61
Figura N° 39. Posición de fuerza 3	62
Figura N° 40. Coeficiente de seguridad.....	64
Figura N° 41. Tensión Von Mises	65
Figura N° 42. Primera principal.....	66
Figura N° 43. Tercera Principal	67
Figura N° 44. Desplazamiento.....	68

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN**

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TEMA: DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE PROTESIS CANINA PARA
EXTREMIDADES DELANTERAS**

AUTOR: Eddy Flavio Andrade Montesdeoca

TUTOR: Ing. Lema Loja Jorge Luis M.Sc.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene la finalidad de desarrollar un prototipo de prótesis canina para extremidades delanteras con nivel de amputación parcial. El motivo de desarrollo de este proyecto se enfatiza en que existen muchos caninos que por circunstancia como accidentes, maltrato animal, llegan a tener una amputación en sus extremidades dificultando su calidad de vida siendo este un gran número de casos en el país. Tras investigar los distintos modelos de prótesis que existen en el mercado, sus adaptaciones, funcionabilidad y materiales con las que pueden ser fabricadas, se aplicó los conocimientos que se adquirió durante el proyecto formativo CAD/CAM/CAE. Por este motivo la prótesis ha sido desarrollada en el programa Fusion 360 de Autodesk con simulación de cargas aplicando el material plástico ABS que es liviano, resistente, económico y duradero para que sea seguro y estable para el paciente. Dentro los resultados obtenidos se puede observar que al simular las cargas, no existen deformaciones considerables que afecten directa o indirectamente a la prótesis siendo segura para el canino y fácilmente adaptable. La prótesis está diseñada en dos partes, un cuerpo superior y un apoyo inferior para que sea intercambiable debido al desgaste que tenga en su uso diario, teniendo esta opción como una ventaja del diseño y que pueda ser impresa en 3D.

Palabras clave: prótesis canina, Fusion 360, diseño CAD, impresión 3D.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN**

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**TOPIC: DESIGN OF A CANINE PROSTHESIS PROTOTYPE FOR THE
FRONT EXTREMITIES**

AUTHOR: Eddy Flavio Andrade Montesdeoca

TUTOR: Ing. Lema Loja Jorge Luis M.Sc.

ABSTRACT

This project aims to develop a prototype of canine prosthesis for forelimbs with partial amputation. The reason for the development of this project is emphasized in that there are many canines that, due to circumstances such as accidents, animal abuse, come to have an amputation in their limbs hindering their quality of life being this a large number of cases in the country. After researching the different prosthetic models that exist in the market, their adaptations, functionality and materials with which they can be manufactured, the knowledge acquired during the CAD/CAM/CAE training project was applied. For this reason, the prosthesis has been developed in the Autodesk Fusion 360 program with load simulation applying the ABS plastic material that is lightweight, resistant, economical and durable to make it safe and stable for the patient. Among the results obtained it can be observed that, when simulating the loads, there are no considerable deformations that directly or indirectly affect the prosthesis, being safe for the canine and easily adaptable. The prosthesis is designed in two parts, an upper body and a lower support so that it can be interchangeable due to wear and tear in daily use, having this option as an advantage of the design and it can be printed in 3D.

Keywords: CAD design, canine prosthesis, Fusion 360, 3D printing

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Marco referencial

El origen de las prótesis en animales se remonta con los comienzos de la medicina veterinaria. Las operaciones de las extremidades en animales (perros y caballos) se realizaron incluso antes de que se conociera el uso de la anestesia y los antisépticos, pero su implementación permitió la expansión en este campo (Coughlan y Miller, 1999). Uno de los pocos ejemplos documentados sobre ortopedia animal es el material del coronel estadounidense Harry A. Gorman.

Otros ejemplos son los estudios de los casos en la que se encuentran en animales diagnosticados con displasia de cadera, debido a que suelen presentar artritis degenerativa, el cual se complica con el tiempo, haciendo que el animal tenga mucho dolor y finalmente sufra alteraciones en la movilidad. Esta ha sido una de las razones por las que las técnicas de las prótesis de cadera humanas han sido adaptadas a la cirugía veterinaria (Zink & Van Dyke, 2000).

Un acontecimiento lo realizó Derrick Campana, un conocedor en el reemplazo de miembros de animales, que incitó una agrupación de colegas para manufacturar nuevas “patas” para el cachorro que le permita vivir y extraer todo su potencial. Obteniendo excelentes resultados, con sus nuevas piernas. Estas le han otorgado la capacidad de realizar acciones como un perro normal, actividades como jugar con otros perros y en habitual ser más móvil, permitiéndole mejorar su calidad de vida como una mascota energética y saludable (Milenio, 2014, p, 1)

Por otra parte, la literatura sobre la historia de las prótesis animales es muy limitada. La Ortopedia en perros y gatos (y animales en general) fue una disciplina científica del campo animal que había sido poco desarrollada hasta finales del siglo XIX.

En cuanto a las fracturas, creían que el mejor tratamiento residía en dejar reposar al animal en jaulas; ya que así se evitaba la movilidad del miembro afectado (Michelle Brown 2010).

Estos materiales se mezclaban con agua, posteriormente se colocaban sobre gasas alrededor de la fractura, luego que secaban se apoyaban sobre férulas esperando así una correcta recuperación de la lesión (Riser, 1985; Coughlan y Miller, 1999).

Otros métodos más sofisticados comprenden el uso de fijaciones internas y externas para reparar las fracturas; sin embargo, fue imposible mantenerlos libres de humedad, contaminación por orina, heces y daños ocasionados por la automutilación, además de la formación de seromas y fístulas (Riser, 1985; Coughlan y Miller, 1999).

En cuanto a Ecuador, el campo de prótesis en animales no se encuentra tan desarrollado como en otros países, a pesar de la existencia de animales no solamente caninos que por alguna circunstancia han perdido su extremidad delantera. Pero actualmente, están trabajando mancomunadamente especialistas veterinarios, ingenieros robóticos, ingenieros industriales, ingenieros en sistemas, ingenieros biónicos, biomédicos y ambientalistas, para que a través de los nuevos materiales y la tecnología, puedan tener sus prótesis y tener una mejor calidad de vida.

En un disertación de ortopedia canina realizado en la provincia de Azuay por Rojas (2015) se analizó la aplicabilidad de la ortopedia con el objetivo de reducir los problemas en animales que hayan sufrido traumas, a partir de fracturas hasta amputaciones y mediante diferentes técnicas recobrar o mejorar la calidad y el desempeño de los animales en observación.

En la Figura 1 podemos visualizar la aplicación de Ecuaprotésis en el canino.



Figura N° 1. La prótesis creada en Ecuador

Fuente: (El Comercio , 2016)

Elaborado por: El investigador

“Se damos al perrito y tomamos las medidas con un escáner 3D para que pueda calzar exactamente en su pata”, cuenta el ingeniero Geovanni Padilla, director del proyecto. Una vez tomadas las medidas se puede realizar el diseño apropiado, la impresora tarda cerca de un día en terminar la pieza, luego hay que colocarle correas y soportes.

En el caso de Enano, la prótesis está en las etapas finales, se colocarán correas para que se sujete y se empezará un proceso de adaptación que puede durar entre tres y cinco meses, según Padilla.

Michel Larrea, médico veterinario, está a cargo de la supervisión médica del proyecto guayaquileño. “Se ha visto que, a la larga, caminar con tres patitas puede tener impacto en la columna de los animales”, asegura.

Tanto a nivel nacional como en Guayaquil, se están creando empresas que trabajan en la elaboración de objetos a través de la robótica, biónica o con impresiones en 3D, y que normalmente su área de trabajo no es específicamente el área médica ni la veterinaria, pero actualmente se están dedicando a elaborar estas prótesis con el fin de dar a conocer los beneficios y los resultados que producen las diversas aplicaciones de estos procedimientos, a la vez de manifestar sensibilidad y apoyo por la situación que atraviesan los animales que tienen este tipo de padecimientos, así como el deseo de brindarles una mejor calidad de vida.

Desde hace cerca de 10 años se empezaron a utilizar en el país las primeras sillas, como parte del auge animalista y el surgimiento de un mercado de productos y servicios para mascotas que, actualmente, mueve más de \$140 millones, señala el doctor Jorge Zanabria, organizador del III Congreso Veterinario de León, realizado en Guayaquil en junio pasado. Sillas de ruedas, arneses, prótesis, férulas, hacen parte de esta nueva oferta que toma forma en Ecuador, a medida que crece la demanda. Y no son solo perros y gatos. Caballos, cerdos y hasta un cóndor se han beneficiado con esta rama de la ortopedia animal. Inicialmente las sillas de ruedas eran elaboradas con productos de reciclaje, por personas de buen corazón que las donaban a fundaciones animalistas o rescatistas independientes. Holguín, J. (2021). Generalmente eran artesanales, hechas con tubos de PVC, pero con el tiempo la labor se fue perfeccionando, ya que una silla eficaz debe ser hecha a la medida del paciente.

Hoy, en el país se pueden conseguir con precios económicos, elaboradas con materiales resistentes, que no causan alergia al animal, decoradas a gusto del dueño. “Recién ahora la gente está tomando conciencia de no sacrificar al animal cuando sufre una amputación o queda inválido, ya se piensa en darle una segunda oportunidad con una silla de ruedas o un arnés”, señala Marco Polo Lozada, propietario de la empresa Taxi mascotas, una de las que construye sillas de ruedas para animales.

Con él coincide la doctora Cecilia Coll, especialista en Traumatología y Ortopedia de la clínica veterinaria Dr. Pet, de Guayaquil. Según ella, “antes no existía ningún tratamiento para este tipo de lesiones. Muchas veces los propietarios decidían recurrir

a la eutanasia”. La médica explicó que la pérdida de una extremidad afecta la calidad de vida del animal. Si se trata de mascotas, en un principio pueden tener dificultad para realizar sus actividades diarias.

Antecedentes

En el proyecto de titulación denominado: Diseño de una guía para la evaluación de un prototipo de Prótesis en 3D para caninos (Canis lupus familiaris) presentado por el sr. Larrea Zapatier Michel Alfonso. De la Universidad Católica Santiago de Guayaquil (2.017), sugiere que se llevó a cabo en la urbe de Guayaquil el diseño del modelo de primer modelo de prótesis para un can, cuya molestia era la amputación del integrante subsiguiente derecho gracias a un percance. Subsiguiente al examen clínico se hizo un escaneo de la cantidad afectada para lograr digitalizarla a partir del cual se comenzó la impresión de la misma, una vez el primer modelo ha sido impreso y ensamblado comenzaron las pruebas que revelaron cambiantes relevantes como por ejemplo, tamaño óptimo del primer modelo, temperamento, estado físico del paciente, habituación a la misma. Una vez con los resultados logrados, se creó un manual que sirva al instante de generar otro primer modelo con las mejoras implementada.

En el proyecto de titulación denominado: Una Patita, Una Vida: Diseño de Prótesis para Extremidades Caninas e Identidad Visual para su Comercialización presentado por Romero Salazar, Paula Daniela (2.016). Indica que se desarrolló una prótesis para perros con la finalidad de dotar al mercado ecuatoriano de un implemento veterinario y una solución que cambiará el futuro de las mascotas discapacitadas en el Ecuador

En el proyecto de titulación denominado: Análisis Numérico y Experimental de un Prototipo de Prótesis Canina para Extremidad Posterior, presentado por LÓPEZ CONTRERAS, GUADALUPE (2.016). Sugiere que en la actualidad la información para el diseño y manufactura de prótesis en animales es poca. Por esta razón en este trabajo de averiguación se desarrolló y se implementó una metodología para el desarrollo de un primer ejemplar de prótesis canina para integrante siguiente, Para lo que se recurre al uso del Procedimiento del Recursos Finitos. El interés del diseño de este primer ejemplar de prótesis canina se basa en llevar a cabo una solución a la pérdida de extremidades; reestableciendo las condiciones físicas típicos de canes que han perdido una extremidad siguiente. La metodología de diseño está basada en la biomecánica de cuadrúpedos, con la que se crea una similitud de las piezas que componen el integrante siguiente canino y recursos mecánicos básicos. Tal cual se desarrolla un diseño correcto del primer ejemplar de prótesis, con esto un perro puede moverse simple y cómodamente, al determinarse las propiedades del primer ejemplar de prótesis, se proviene a su manufactura.

Justificación

Este trabajo es de gran importancia en el campo de la salud animal y la veterinaria ya que con ayuda de la tecnología en CAD, vista durante el transcurso de ingeniería industrial, contribuirá al diseño de prótesis, puesto que en el campo de la elaboración de prótesis se encuentra mayoritariamente para humanos y aunque hoy en día es frecuente ver a perros con sillas de ruedas, hace tiempo no era tan común verlas en animales. Por esta razón se considera las prótesis caninas un avance en la ingeniería industrial ya que con el apoyo de la tecnología tales como el software CAD, estudios de biomecánica, programas de simulación de fuerzas, se producen prótesis más cómodas para los animales y devolverles la movilidad y se espera que estos prototipos sean autorizados para su comercialización.

Esta investigación busca mitigar el impacto sobre la situación en la que viven los animales que también son seres vivos y que sin importar su condición de domésticos o salvajes son objeto de alguna discapacidad. Esto puede ser causado por motivos naturales, médicos o por maltrato causado por el hombre. Al tener esa discapacidad pierden algo de su cuerpo, elemento necesario para vivir. En este caso cuando un canino no tiene la extremidad delantera.

Esta investigación es de una gran utilidad para la industria, debido a que con los estudios realizados para generar un correcto y eficaz movimiento de las articulaciones de las extremidades delanteras y con los estudios de fuerzas realizados, se podrá aplicar al diseño y construcción de brazos robóticos que contribuyan al reemplazo del hombre en actividades que generen largas jornadas laborales.

Así también contribuirá al desarrollo de una nueva rama para la utilización de software CAD's y estudios cinemáticos y conjunto con la impresión 3D para la realización de prótesis caninas en Ecuador, que es un mercado que no se ha desarrollado. Se dará a conocer los avances que ha tenido la fabricación de los prototipos de prótesis de extremidades con la colaboración de los conocimientos de la ingeniería industrial, lo que significa un gran avance en la ciencia veterinaria, así como presentar una nueva propuesta de estas prótesis que mejorará la calidad de vida de los pacientes caninos.

Los beneficiarios de la realización y posterior comercialización de este prototipo de prótesis, son aquellos canes que por alguna circunstancia han perdido esa parte de su cuerpo. Tras el desarrollo de este prototipo, se propondrá el proceso de desarrollo del producto para generar la comercialización de las prótesis en el cual se aporte a la industria nuevos procesos combinados de aplicaciones industriales a prótesis caninas.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un prototipo de prótesis canina de miembro delantero mediante un software de diseño y simulación para la aplicación en canes con amputación parcial de la extremidad delantera.

Objetivos Específicos

- Analizar los distintos prototipos de prótesis caninas existentes en el mercado, mediante un estudio documental para conocer las características mecánicas a considerar en el desarrollo del prototipo propuesto.
- Seleccionar el material idóneo para el diseño del prototipo, considerando criterios ecológicos, mecánicos y económicos.
- Desarrollar el modelo geométrico de la prótesis mediante el software fusión 360 para proponer su construcción.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual de canes con fracturas para posibles amputaciones

Esta investigación sirve para dar a conocer que en el Ecuador existen un gran número de casos de caninos con fracturas a nivel de sus extremidades que indistintamente de que deban utilizar una prótesis, son casos muy comunes que suceden a menudo y que pueden llegar a recuperarse o en su mayoría a la lleguen a la amputación parcial o total de sus extremidades.

Por esta razón se muestran los datos de informes de rayos x del hospital SINAI para dar a conocer sus diferentes casos y mostrar que los caninos necesitan ayuda de una prótesis en caso de amputación total o parcial de sus extremidades.

Totalmente de tipo descriptivo transversal la investigación está orientada a especificar cualidades de grupos o fenómenos que tienen como fin la utilización de investigación de manera descriptiva investiga informes de rayos X que se obtienen de pacientes caninos obtenidos del hospital SINAI. Los tipos de fracturas son leídos a través de rayos x y estudios radiológicos durante un período señalado.

Población y muestra

En su mayoría se utilizó una población de pacientes que fueron atendidos en el Hospital “SINAI” específicamente en el servicio de radiología en enero a marzo del 2016. Se considera el 100% de la población y la historia clínica de cada uno de los pacientes, informes y radiológicas.

Instrumentación de recolección de datos

Por medio de la observación se obtuvo la información, revisión de radiografías, placas juntamente con los informes de cada una; que pertenecían a pacientes caninos que representaban fracturas óseas en el Hospital SINAI en el período enero a marzo del 2016. También se utilizó como método de recolección de información fue una hoja de datos elaborada con Microsoft (Anexo 1).

Caracterización de las variables

Las variables que se tomaron en cuenta en la investigación realizada fueron:

- **Edad**

El tiempo que viven los seres vivos. Se separó pacientes caninos en tres grupos por edades:

- Cachorros de 1 mes a 1 año de vida
- Adultos de 1 año a 7 años de edad
- Geriátricos de 7 años en adelante.

- **Fractura**

Lo que afecta a los tejidos blandos y su circundante es la ruptura parcial o completa de la continuidad de un hueso, llamndola discontinuidad ósea.

La clasificación en ortopedia por especialistas AO, siglas alemanas- Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) toma cuenta, hueso, localización, tipo y dificultades de tratamiento. Basandonos en esta clasificación a cada hueso se le asigna un número, luego se coloca un segundo número como indicativo del lugar de la fractura y se agrega una letra para señalar el tipo de fractura (A= simple; B=múltiple; C=compleja), a esta letra se la acompaña de dos números que indica respectivamente el grupo y subgrupo de fractura. En el trabajo de investigación se clasificó a las fracturas caninas atendiendo el tipo (A, B, C) y grupo de fractura (1, 2, 3) (Tabla 1).

Tabla N° 1 Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	TECNICA	INSTRUMENTO	FUENTE
Edad	<p>1. Cachorros: 0 a 1</p> <p>2. Adultos: 1 a 7</p> <p>3. Geriátrico: 7 en adelante</p>	<p>1. Número de pacientes de 0 a 1 año de edad.</p> <p>2. Número de pacientes 1 año 1mes a 7 años</p>	Observación	Ficha de registro de datos	Primaria
Fractura en diáfisis	<p>A1. Simple por torsión</p> <p>A2. Simple oblicua (ángulo mayor de 30°)</p> <p>A3. Simple transversa (ángulo menor que 30°).</p> <p>B1. Cuña esferoidea</p> <p>B2. Cuña por flexión</p> <p>B3. Cuña multifragmentada.</p> <p>C1. Compleja espiroidea</p> <p>C2. Compleja segmentaria</p> <p>C3 Compleja irregular</p>	<p>A1. Número de pacientes con fractura simple por torsión</p> <p>A2. Número de pacientes con fractura simple oblicua (ángulo mayor de 30°)</p> <p>A3. Número de pacientes con fractura simple transversa (ángulo menor que 30°).</p> <p>B1. Número de pacientes con fractura cuña esferoidea</p> <p>B2. Número de pacientes con fractura cuña por flexión</p> <p>B3. Número de pacientes con fractura cuña multifragmentada.</p> <p>C1. Número de pacientes con fractura compleja espiroidea</p> <p>C2. Número de pacientes con fractura compleja segmentaria</p> <p>C3. Número de pacientes con fractura compleja irregular</p>	Observación y análisis documental	Ficha de registro de datos	Primaria

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	TECNICA	INSTRUMENTO	FUENTE
Fractura en epífisis y metáfisis	A1. Extraarticular simple	A1. Número de pacientes con fractura extraarticular simple	Observación y análisis documental	Ficha de registro de datos	Primaria
	A2. Extraarticular con cuña	A2. Número de pacientes con fractura extraarticular con cuña			
	A3. Extraarticular compleja	A3. Número de pacientes con fractura extraarticular compleja			
	B1. Articular parcial cóndilo externo sagital	B1. Número de pacientes con fractura articular parcial cóndilo externo sagital			
	B2. Articular parcial cóndilo interno sagital	B2. Número de pacientes con fractura articular parcial cóndilo interno sagital			
	B3. Articular parcial en plano frontal	B3. Número de pacientes con fractura articular parcial en plano frontal			
	C1. Articular completa simple	C1. Número de pacientes con fractura articular completa simple			
	C2. Articular completa multifragmentaria	C2. Número de pacientes con fractura articular completa multifragmentaria			
C3. Articular completa multifragmentaria compleja	C3. Número de pacientes con fractura articular completa multifragmentaria compleja				

Fuente: Ruedi & Murphy⁸⁰

Elaboración: Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Técnicas para el procesamiento de datos y análisis de resultados

Para el método de la información se usó el programa Microsoft Excel.

Clasificación de los pacientes caninos del hospital de especialidades SINAI de acuerdo a variables de estudio

Una vez realizada la toma de información relacionada con los pacientes caninos que se realizaron placas radiográficas en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI durante el período enero – marzo del 2016, se valoró un total de 19 pacientes, entre cachorros, adultos y geriátricos.

Tabla N° 2. Pacientes caninos con fracturas completas clasificados por categoría de edad y Tipo-grupo de fractura

No.	MES	PACIENTE	EDAD	VARIABLES																					
				CATEGORÍA POR EDAD			TIPO Y GRUPO DE FRACTURA DIAFISIS									TIPO Y GRUPO DE FRACTURA EPIFISIS									
				1	2	3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	
1	Enero	Sofia	1 año y 3 meses		X				X																
2		Boxer	2 meses	X								X													
3		Stuart	8 meses	X					X																
4		Negra	1 año	X									X												
5		Teresa	1 año	X					X																
6		Web	4 meses	X					X																
7		Pelusa	1 año y 1 mes		X				X																
8		Maya	3 meses	X					X																
9	Febrero	Mega	9 meses	X													X								
10		Blacky	2 años		X						X														
11		Max	8 años y 1 mes			X											X								
12		Camila	9 años			X						X													
13		Neron	1 año y 3 meses		X				X																
14		Blumer	4 meses	X														X							
15	Marzo	Valentina	1 año y 2 meses		X				X																
16		Chocolate	1 año y 1 mes		X				X																
17		Dulce	1 mes	X					X																
18		Pancho	1 año	X													X								
19		Scot	4 años y 2 meses		X				X																
TOTAL				10	7	2	0	4	6	1	0	2	2	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	
PORCENTAJE (%)				53	37	11	0	21	32	5	0	11	11	0	0	5	16	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL				79									21												
PORCENTAJE (%)				100									100												

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado por: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

En la Figura 2 se toma en cuenta que los pacientes caninos por categoría de edad que fueron atendidos por llegar con algún tipo de fractura en el Hospital Veterinario de

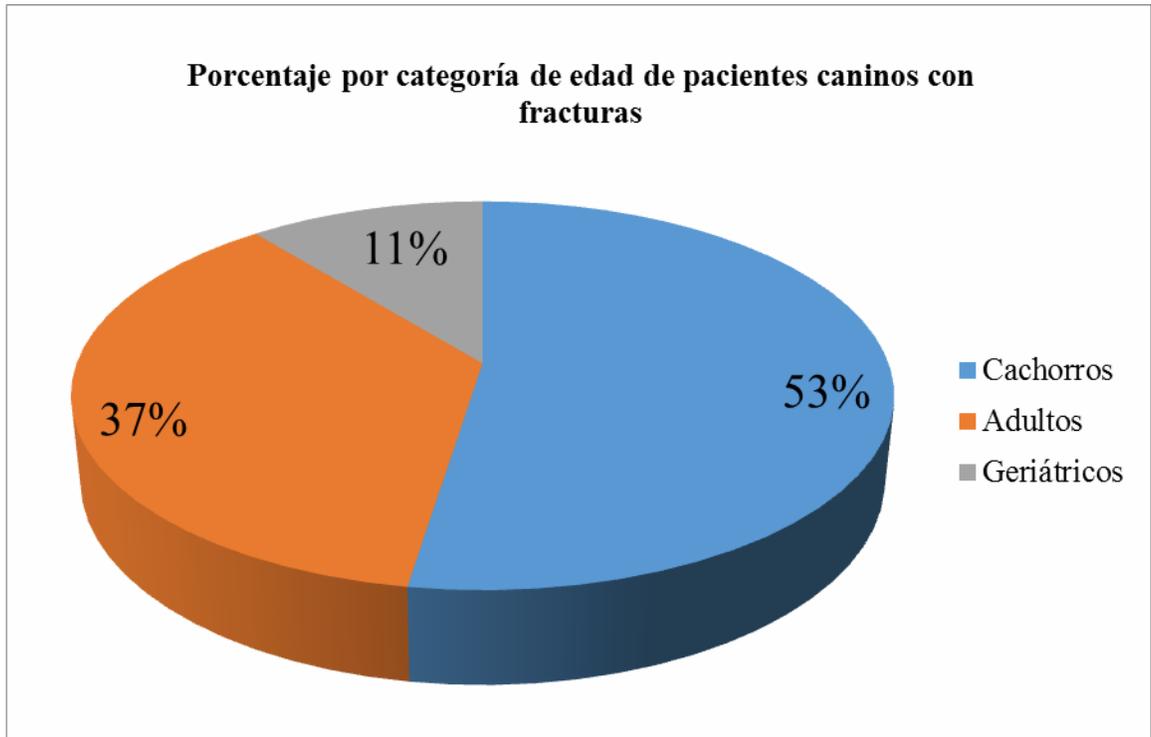


Figura N° 2. Porcentaje por categoría de edad de pacientes caninos con fracturas

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Interpretación: De un total de 19 pacientes con fracturas óseas que fueron atendidos durante los meses de enero a marzo del 2016, existió mayormente un porcentaje de pacientes cachorros 53% también el hospital atendió a 37% de caninos adultos con fracturas y 11% de pacientes geriátricos.

En la figura 3 se observa que los pacientes caninos por Tipo y grupo de fractura que fueron atendidos en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI (enero – marzo/2016)

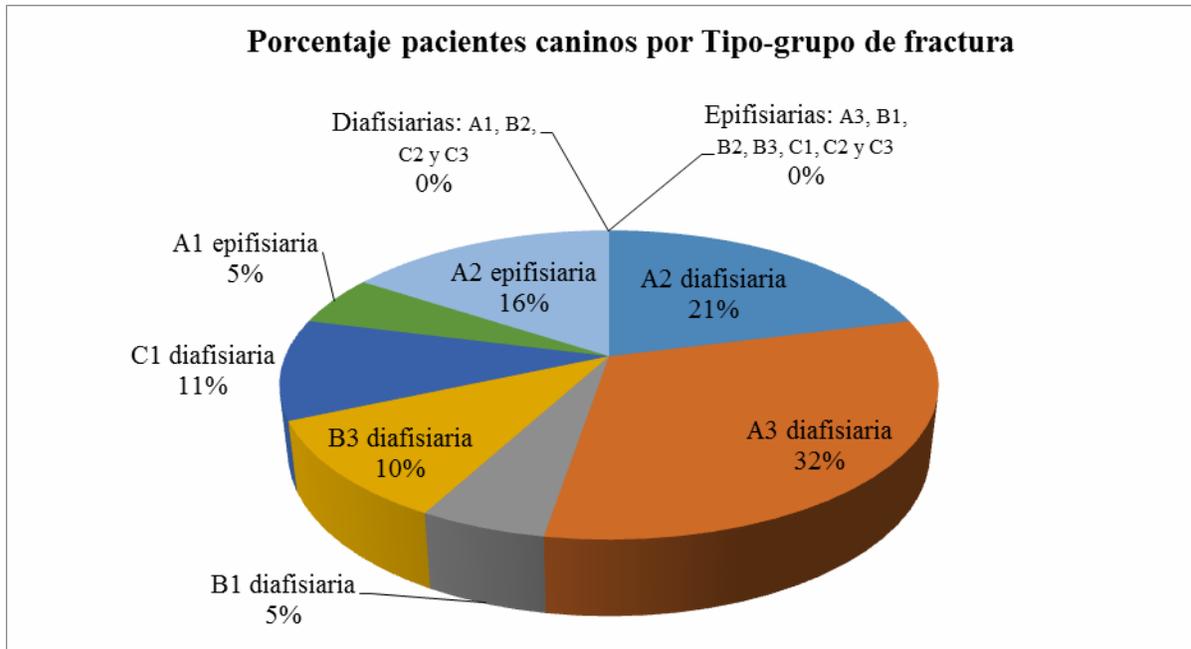


Figura N° 3. Porcentaje de pacientes caninos por tipo o grupo de fractura

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Interpretación: Se considera solamente el tipo y grupo de fractura sin la intervención de la edad de los 19 pacientes que se atendieron durante los meses de enero a marzo del 2016, se encontró que más de las tres cuartas partes, 79% presentan fractura a nivel de la diáfisis del hueso afectado, el restante 21% a nivel de la epífisis, no encontrándose fracturas a nivel de metáfisis en ningún paciente. Dentro de las fracturas en diáfisis el 32%, presentaba fractura A3 o simple transversa; convirtiéndose en el tipo de fractura que con más frecuencia se presentó durante la investigación. En casi una cuarta parte de los pacientes caninos, 21%, se observó fractura diafisiaria A2 o simple oblicua. La fractura en diáfisis tipo B3, es decir, en cuña multifragmentada, se observó sólo el (11%) pacientes de

la especie canina. En tanto que, la fractura tipo cuña esferoidal se presentó sólo en un paciente (5%).

A lo que se refiere a las fracturas diafisiarias complejas, sólo las de tipo C1, se evidenciaron en 11% de los pacientes con fracturas óseas; 41 las fracturas en diáfisis de tipo A1, B2, C2 y C3 no se notó en ningún paciente canino durante los meses en los que se desarrolló el estudio. Las fracturas en la epífisis que se encontraron en mayor proporción en los pacientes caninos investigados corresponden al tipo A2 o extra articular con cuña, 16% de los pacientes. La fractura extra articular simple o A1 sólo se observó en el (5%). En cuanto a los otros tipos y grupos de fracturas a nivel de epífisis no fueron encontrados.

Análisis del tipo-grupo de fractura por categoría de edad

En la Tabla 3 Se puede observar Pacientes caninos de acuerdo al Tipo-grupo de fractura por categoría de edad

Tabla N° 3. Pacientes caninos de acuerdo al Tipo-grupo de fractura por categoría de edad

ZONA DEL HUESO	TIPO Y GRUPO DE FRACTURA	CATEGORIA DE EDAD	MES			Total por categoría de edad	Total por tipo y grupo de fractura	Porcentaje por Categoría de edad (%)
			ENERO	FEBRERO	MARZO			
DIAFISIS	A2	Cachorro	0	0	1	1	4	25
		Adulto	1	1	1	3		75
		Geriátrico	0	0	0	0		0
	A3	Cachorro	4	0	0	4	6	67
		Adulto	1	0	1	2		33
		Geriátrico	0	0	0	0		0
	B1	Cachorro	0	0	0	0	1	0
		Adulto	0	0	1	1		100
		Geriátrico	0	0	0	0		0
	B3	Cachorro	0	0	0	0	2	0
		Adulto	0	1	0	1		50
		Geriátrico	0	1	0	1		50
	C1	Cachorro	2	0	0	2	2	100
		Adulto	0	0	0	0		0
		Geriátrico	0	0	0	0		0
EPIFISIS	A1	Cachorro	0	0	1	1	1	100
		Adulto	0	0	0	0		0
		Geriátrico	0	0	0	0		0
	A2	Cachorro	0	2	0	2	3	67
		Adulto	0	0	0	0		0
		Geriátrico	0	1	0	1		33
		Total	8	6	5			
		Porcentaje	42	32	26			
		Total porcentaje	100					

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Interpretación: Por categoría de edad de los diferentes tipos de fracturas no se obtiene una tendencia clara, para la fractura en diáfisis tipo A3, el 67% de caninos son cachorros y el 33% son perros adultos; pero para las fracturas tipo A2, los pacientes adultos representan el 75% y los cachorros el 25%. De la misma manera las fracturas en diáfisis B1 y C1, se presentan un 100% en adultos y cachorros respectivamente. Solamente para las fracturas tipo B3 en diáfisis se presenta un paciente geriátrico y uno adulto, obteniéndose una relación de 50%. Considerando, las fracturas en epífisis, las de tipo A1 fueron observadas 100% en cachorros, y las de tipo A2 en 67% de cachorros y 33% de adultos.

Se recalca en cachorros que presentaron fracturas de enero a marzo del 2016 y fueron atendidos en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, las fracturas más presentadas fueron: diafisiarias A3 y C1; efisiarias A1 y A2. Por otra parte en los pacientes caninos adultos, se llegó a observar fracturas en diáfisis A2 y B1. En fin, para pacientes caninos geriátricos las fracturas observadas durante la investigación fueron B3 en diáfisis y A2 en epífisis.

Análisis del tipo-grupo de fractura por mes de investigación y hueso implicado

Todo lo relacionado con la frecuencia por mes y hueso implicado en las fracturas se plantean como objetivo de análisis del estudio elaborado por el estudio relevante que se da para llegar a mejores conclusiones.

En la Figura 4 se observa los pacientes caninos por Tipo y grupo de fractura distribuidos por mes de investigación (enero – marzo/2016)

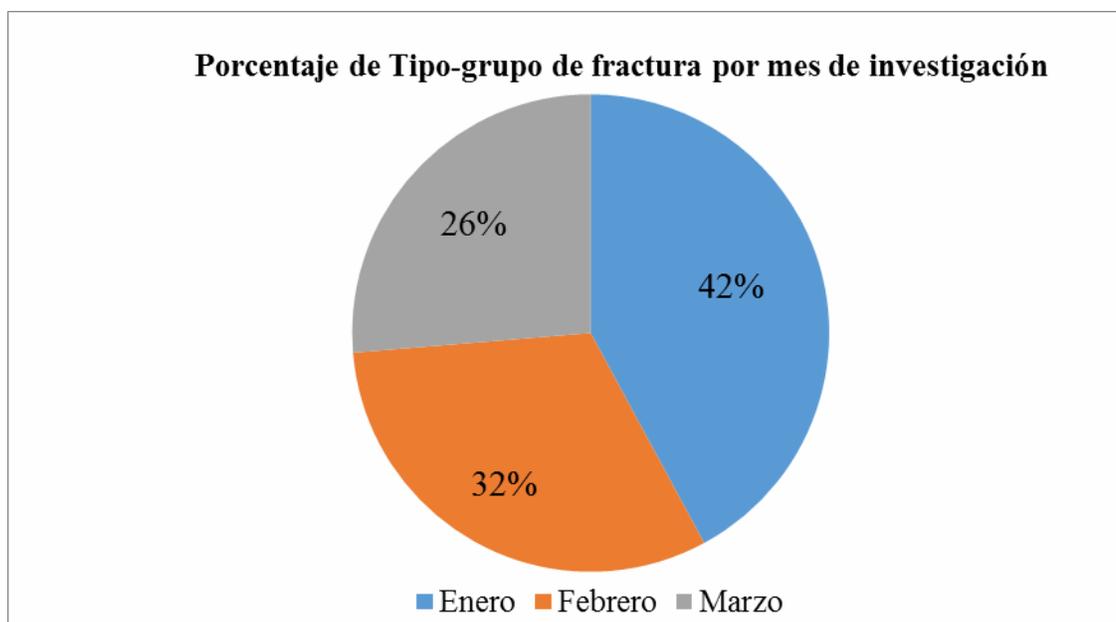


Figura N° 4. Porcentaje del tipo o grupo de fractura por mes de investigación

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Interpretación: De un número de 19 pacientes que presentaron fracturas óseas atendidas durante los meses de enero a marzo del 2016, existió un mayor porcentaje de pacientes atendidos en el mes de enero 42%. El hospital atendió también 32% de caninos fracturados en el mes de febrero y 26% de pacientes en marzo.

En la Tabla 4 se muestra número de pacientes caninos atendidos en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI de acuerdo al hueso implicado en la fractura (enero – marzo/2016)

Tabla N° 4. Pacientes caninos atendidos en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Extremidad	Hueso	Cantidad	Porcentaje
Anterior o Torácica	Húmero	3	16
	Radio y Ulna	2	11
	Huesos de mano	0	0
Posterior o Pelviana	Coxales	1	5
	Fémur	4	21
	Tibia	5	26
	Tibia y Fíbula	2	11
	Huesos de pie	2	11
	Total	19	100

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

En la Figura 5 se muestra los pacientes caninos por implicado en fracturas encontradas durante investigación (enero – marzo/2016) en Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

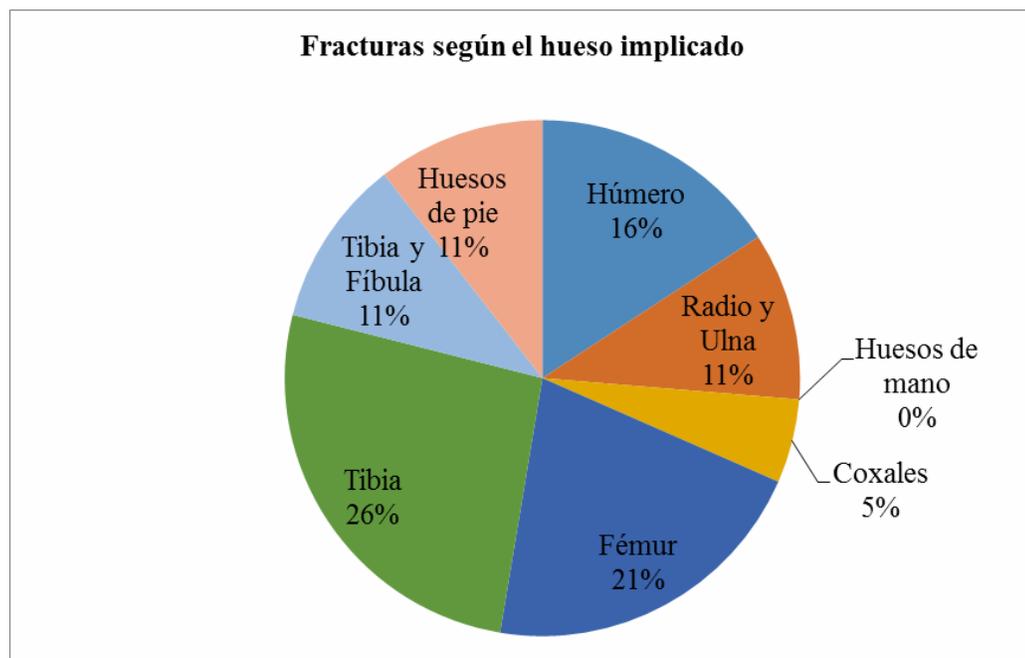


Figura N° 5. Fractura según el hueso implicado

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquiza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.

Interpretación: Al realizar la observación de los datos generados en la hoja de recolección de información (Anexo 1) se pudo notar que las fracturas de los pacientes estudiados sólo se presentaban en huesos del esqueleto apendicular. Por lo cual se decidió analizar la distribución según el hueso implicado. Se encontró que el 26% de las fracturas estaban relacionadas con la tibia y un 11% incluía a la

tibia y la fíbula. Al centrar la atención en la extremidad pelviana, el hueso fémur estuvo afectado en el 21% de los casos y los huesos del pie en el 11%. En lo relacionado con la extremidad torácica, el hueso húmero estuvo implicado en un 16% los casos. El radio y la ulna en su conjunto representaron el 11% de las fracturas encontradas en los pacientes caninos analizados durante los meses de enero a marzo de 2016. Se debe mencionar que los huesos con menos afectación por fracturas, en el trabajo realizado, fueron los coxales con un 5%.

Prótesis en canes

Al ser el can el animal de la casa más común, el mercado de prótesis caninas está en una etapa de desarrollo bastante avanzada, por cierto, se puede descubrir prótesis de toda clase a partir de sillas de ruedas hasta implantes 100% quirúrgicos.



Figura N° 6. Imágenes de prótesis usando distintos diseños y materiales. (A) Diseño tipo ballesta hecha de materiales compuestos. (B) Diseño en metal usando cilindros concéntricos y con una terminación de goma

Fuente: Carlos Sabater Fernández (2019). Diseño y cálculo de una prótesis canina. Valencia: universidad politécnica de valencia.

Elaborado por: El Investigador

Se puede examinar en la Figura 5 una prótesis canina no solo debería ser agradable y bella, además debería ser servible, liviano, que trastorne mínimamente la manera de andar del canino y que también resista la enérgica y ajetreada vida de un can. Este análisis de alternativas ayudará a escoger de manera cuidadosa las propiedades que hace falta que tenga nuestro diseño. De todas estas, se analizarán las próximas propiedades: material, forma del apoyo, procedimiento de sujeción y ergonomía aparente para el animal.

- Prototipo 1 (Figura 7). - En esta primera prótesis se identifica un apoyo a modo de arco con una secuencia de barras intermedias que rigidizan la prótesis. Sin embargo, se debe aumentar que no se observa ningún tipo de material en el área de contacto de la prótesis contra el suelo que garantice el empuje contra el suelo, además de la carencia de elevación de la prótesis. Un erróneo dimensionado de la prótesis, como el de esta situación, puede desencadenar en graves heridas de columna en el can.

- ✓ Análisis de prototipo 1:
 - Material de prótesis: plástico impreso en 3d.
 - Método de sujeción: correas y cintas.
 - Apoyo: arco amplio con refuerzos.
 - Ergonomía: media- baja.



Figura N° 7. Prototipo 1
Fuente: 3d systems.com
Elaborado por: El Investigador

- Prototipo 2 (Figura 8). - En este segundo primer ejemplar se examina una prótesis en la que se diferencian 2 tipos de materiales: Plástico (presente en el cuerpo humano de la prótesis) y un material compuesto que constituye el sector de apoyo del muñón. Esta prótesis tiene un apoyo vertical directo del muñón, con un guiado de la articulación que desempeña una acción correctiva sobre el codo evitando que el can adquiriera malos hábitos a lo largo de la habituación a la prótesis. El exclusivo problema de esta prótesis es que la utilización de fibras en materiales compuestos encarece mucho el resultado.

- ✓ Análisis de prototipo 2:
 - Material de prótesis: plástico + materiales compuestos

- Método de sujeción: correas, cintas y guiado de codo.
- Apoyo: simula pezuña canina.
- Ergonomía: alta.



Figura N° 8. Prototipo 2

Fuente: Peru.com, R. (2021). ¡Pata nueva! Pastor alemán perdió su pierna y ahora utiliza prótesis biónica

Elaborado por: El Investigador

- Prototipo 3 (Figura 9). - En esta prótesis se puede valorar un procedimiento de sujeción mismo al primer modelo anterior y por consiguiente esta prótesis presentará unos niveles de ergonomía bastante semejantes. En este ejemplo, al igual que en el primero, podría haberse mejorado la interfaz de la prótesis contra el suelo con un material que facilitase la tracción del animal. Sin embargo, lo más notable de esta prótesis es su composición tipo ballesta. Esta geometría, además de ligera, es capaz de absorber las deformaciones que el peso del can logre ocasionar a la vez que amortiguar los repetidos impactos de la prótesis contra el suelo.
- ✓ Análisis de prototipo 3:
 - Material de prótesis: plástico.
 - Método de sujeción: correas, cintas y guiado de codo.
 - Apoyo: balancín.
 - Ergonomía: media – alta.



Figura N° 9. Prototipo 3

Fuente: Carlos Sabater Fernández (2019). Diseño y cálculo de una prótesis canina. Valencia: universidad politécnica de valencia.

Elaborado por: El Investigador

Por medio de esta breve investigación de estos distintos ejemplos de prototipos que podemos encontrar en el mercado, se ha podido analizar los errores y las características que se buscan para diseñar un buen prototipo de prótesis.

Tabla N° 5. Comparación entre los 3 prototipos propuestos

	PROTOTIPO 1	PROTOTIPO 2	PROTOTIPO 3
MATERIAL	PLÁSTICO IMPRESO EN 3D	PLÁSTICO + COMPOSITE	PLÁSTICO
MÉTODO DE SUJECIÓN	CORREAS Y CINTAS	CORREAS, CINTAS Y GUIADO DE CODO	CORREAS, CINTAS Y GUIADO DE CODO
APOYO	ARCO AMPLIO CON REFUERZOS	SIMULA PEZUÑA CANINA	BALANCÍN

ERGONOMÍA	MEDIA-BAJA	ALTA	MEDIA-ALTA
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Impresa en 3D personalizable y ajustable al área amputada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impresa en 3D personalizable y ajustable al área amputada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Impresa en 3D personalizable y ajustable al área amputada. • Diseño ligero. • Absorbe impactos repetitivos contra el suelo.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo demasiado bajo. • Impide tener la espalda recta aumentando la carga en su columna vertebral. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo rígido de no absorción de impactos. • Altos costos por utilización de fibras de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta probabilidad de rotura por su diseño ligero. • Poca tracción.

		compuesto s.	
--	--	-----------------	--

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Con apoyo en la Tabla 5, luego del análisis se comprueba que existen tres maneras de dar solución a las fracturas de extremidades delanteras de los canes en función de su antropometría canina, apoyo, sujeción y tipo de fractura a los que se podrá realizar mejoras para que el diseño realizado sea ideal para mejorar la calidad de vida de los caninos con amputaciones parciales o totales.

Movimiento general de la extremidad delantera del canino

Miembro anterior y posterior

Como se puede mirar en la Figura 10 el integrante anterior se compone por: escápula, húmero, radio, cúbito, carpo, metacarpo y falanges y en la Figura 10 se puede mirar la que estructura del integrante siguiente está constituida por coxal, fémur, tibia, peroné, tarso, metatarso y falanges.

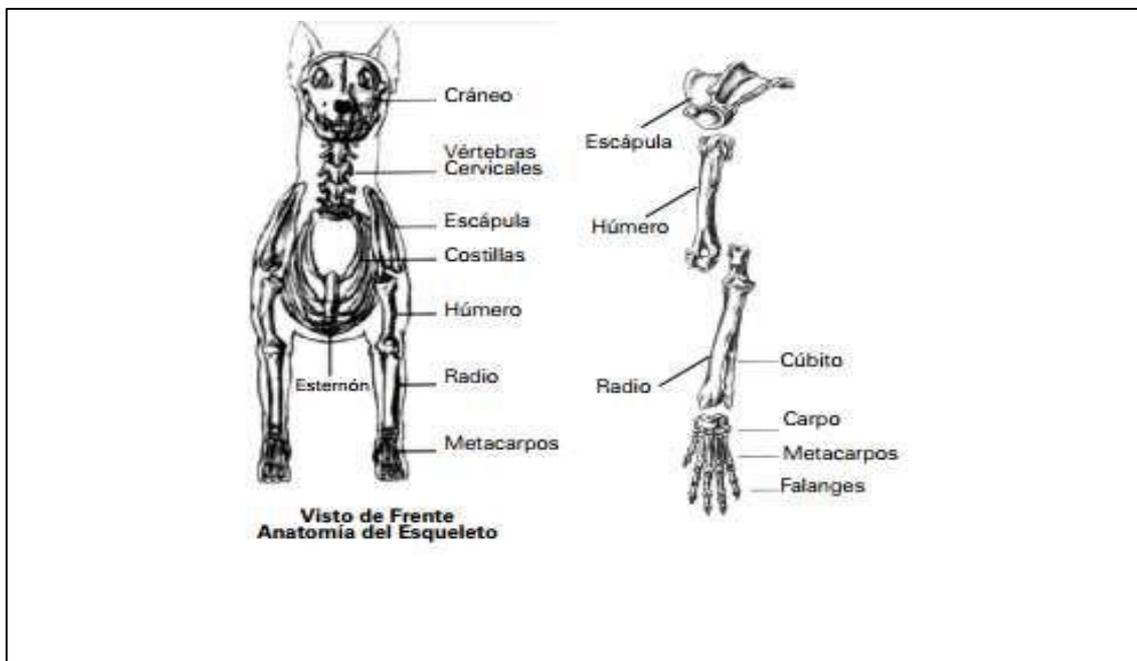


Figura N° 10. Anatomía del miembro anterior

Fuente: Fariña 2011

Elaborado por: El Investigador

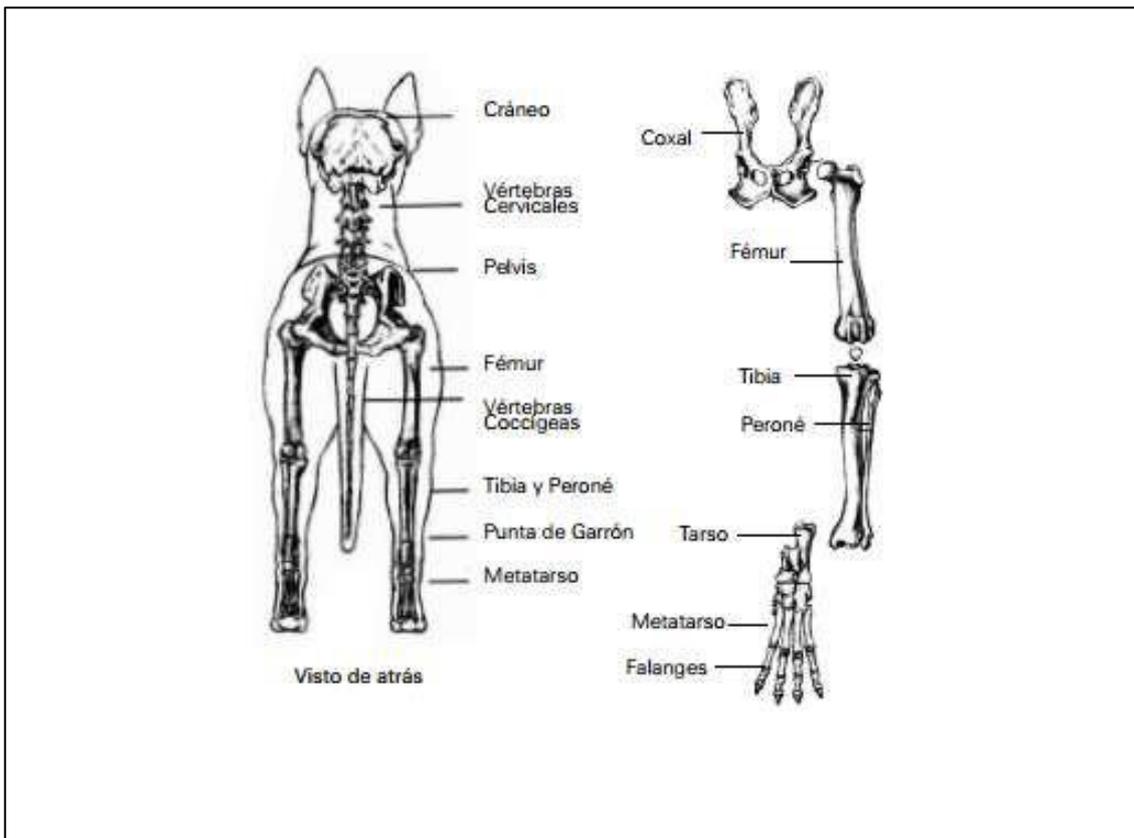


Figura N° 11. Anatomía del miembro posterior

Fuente: Fariña 2011

Elaborado por: El Investigador

Es importante considerar que no todas las razas poseen los mismos ángulos ni tampoco el mismo largo de huesos y eso modifica el movimiento (Fariña, 2011).

A continuación en la Figura 12 Este estudio nos posibilita comprender la capacidad de cada hueso y comprender como por medio de la prótesis se podría simular la funcionalidad que cumple cada hueso.

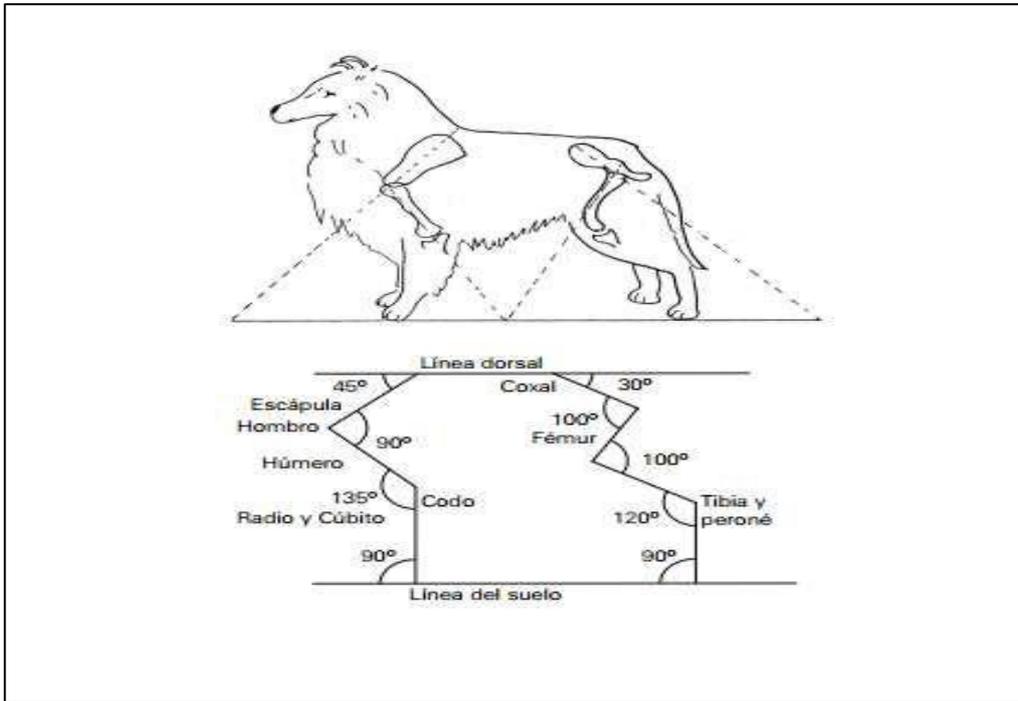


Figura N° 12. Angulación del miembro anterior y posterior.

Fuente: Fariña, 2011

Elaborado por: El Investigador

También expone que esto se debe a que cada raza de perro tiene un fin diferente y los clasifica en razas que desarrollan velocidad, fuerza o resistencia (Fariña, 2011)

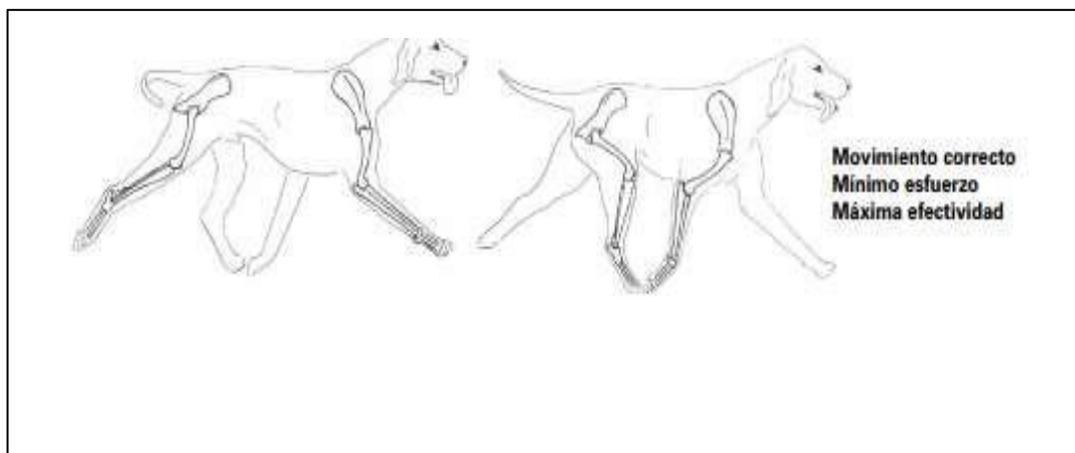


Figura N° 13. Movimiento de miembros.

Fuente: (Fariña, 2011)

Elaborado por: El Investigador

Como se puede observar en la Figura 13, el miembro anterior cumple una función diferente a la del posterior. Y existe una rotación en la articulación del carpo que no posee en miembro posterior y los dos movimientos deberán ser simulados con la prótesis.

También se considera necesario analizar los casos de amputación de miembros y acorde con el profesor José Luis Morales López de la facultad de veterinaria de la Universidad de Córdoba expone que existen varios niveles de amputación y expone que, en los pequeños animales se realiza la amputación alta de extremidad, ya que no hay opción al uso de prótesis ortopédica y, además, si el miembro amputado queda excesivamente largo existen riesgos de lesiones posteriores (Fernández, 2003); por tanto al concluir que existen diferentes tipos de amputaciones que dependerán de la lesión y el tamaño de perro se puede determinar que la prótesis no deberá estar sujeta directamente con el miembro, ya que se podrían encontrar casos de amputaciones totales de miembro.

El paso

El Paso es la marcha canina más lenta, como se puede observar en la Figura 14. El orden de pisada es el siguiente: pata izquierda trasera (LR=Left Rear), pata izquierda delantera (LF= Left Front), pata derecha trasera (RR= Right Rear) y pata derecha delantera (RF= Right Front). Lo que quiere decir que una extremidad pélvica siempre hace el primer movimiento, seguida por la delantera del mismo lado.



Figura N° 14 El paso es la marcha canina más lenta.

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

El trote

En el trote, el can mueve diagonalmente las patas traseras y delanteras, o sea, la sucesión de movimientos de las patas moviéndose hacia adelante es RF y LR, después LF y RR; golpeando el suelo paralelamente de 2 en 2. Una vez que un can está trotando, la extremidad pélvica que se está moviendo hacia adelante pisará en el mismo lugar donde lo hizo la extremidad delantera del mismo lado unos momentos previamente como en la Figura 15, cabe resaltar que una vez que se observa un can trotando a partir del frente, tanto las patas delanteras como las traseras tienen que converger en un centro abajo corporal del can para lograr la mejor eficiencia biomecánica. Esto previene que el peso del can vaya cambiando de lado a lado usando la fuerza muscular del can solamente para desplazarse hacia

adelante.

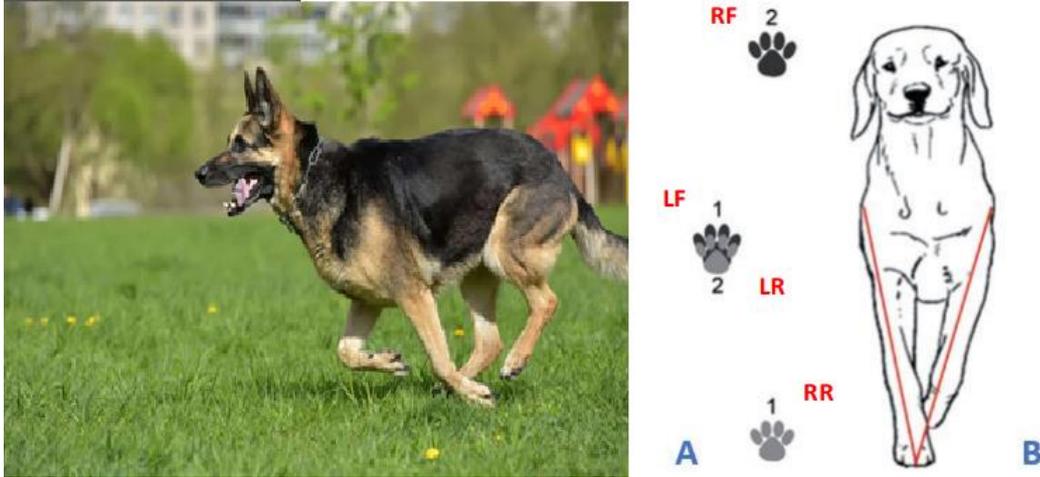


Figura N° 15. Perro trotando // A. Diagrama de pisadas del trote // B. Trote eficiente de un perro

Fuente: Carlos Sabater Fernández (2019). Diseño y cálculo de una prótesis canina. Valencia: universidad politécnica de valencia.

Elaborado por: El Investigador

Una vez que el can se aproxima al problema a superar, flexiona el siguiente acercándolo lo más viable al tronco para eludir impactar el impedimento con las rodillas o los miembros. A lo largo del tercer tiempo se crea la etapa descendente de la parábola seguida por el cuerpo humano y la toma de contacto de los miembros con el suelo. Este contacto no es simultáneo debido a que los miembros contactan uno posteriormente del otro: primero los anteriores y luego los posteriores. Una vez que los miembros posteriores tocan el suelo ya se ha levantado del lote el integrante anterior que primero tocó el suelo.

El salto largo

En el salto en largo, que se desarrolla de forma parecida al salto en alto, la trayectoria del empuje del posterior es menos vertical, o sea que el cuerpo es empujado más hacia delante que hacia arriba porque el empuje interviene una fracción de tiempo antes que cuando lo hace en el salto en alto. Al efectuar el empuje, el perro flexiona al máximo el volante cabeza-cuello y pone en una misma línea el tronco, el cuello y la cabeza, los que había levantado en la fase anterior.



Figura N° 16. Movimientos Progresivos

Fuente: Carlos Sabater Fernández (2019). Diseño y cálculo de una prótesis canina. Valencia: universidad politécnica de valencia.

Elaborado por: El Investigador

Después de analizar el movimiento de las extremidades empezando con el reconocimiento del nombre de los huesos de las extremidades anterior y posterior que componen parte del esqueleto del perro y conociendo también el ángulo en la que se encuentran estos huesos se da a entender la importancia que debe tener la prótesis al momento de diseñarla para que sea lo más parecido a la extremidad canino, es decir que simule cada una de las articulaciones y el paciente pueda tener mejor movilidad en su diario vivir.

Los animales ejercen fuerzas para mover objetos y para moverse en el ambiente, en este caso el movimiento en los canes dentro de los segmentos del cuerpo produce fuerzas de inercia que deben ser contrabalanceadas por los músculos y las articulaciones asociadas a esos músculos. La caracterización de una prótesis sólida en cualquiera de sus extremidades puede ocasionar lesiones a largo plazo y desagrado del canino a usarla, sin embargo una prótesis articulada reduciría las lesiones del uso diario de la misma incluso las lesiones por sujeción de la prótesis.

Área de estudio

Dominio: Tecnología y sociedad

Línea de investigación: Automatización, Diseño y construcción,

Campo: Ingeniería Industrial.

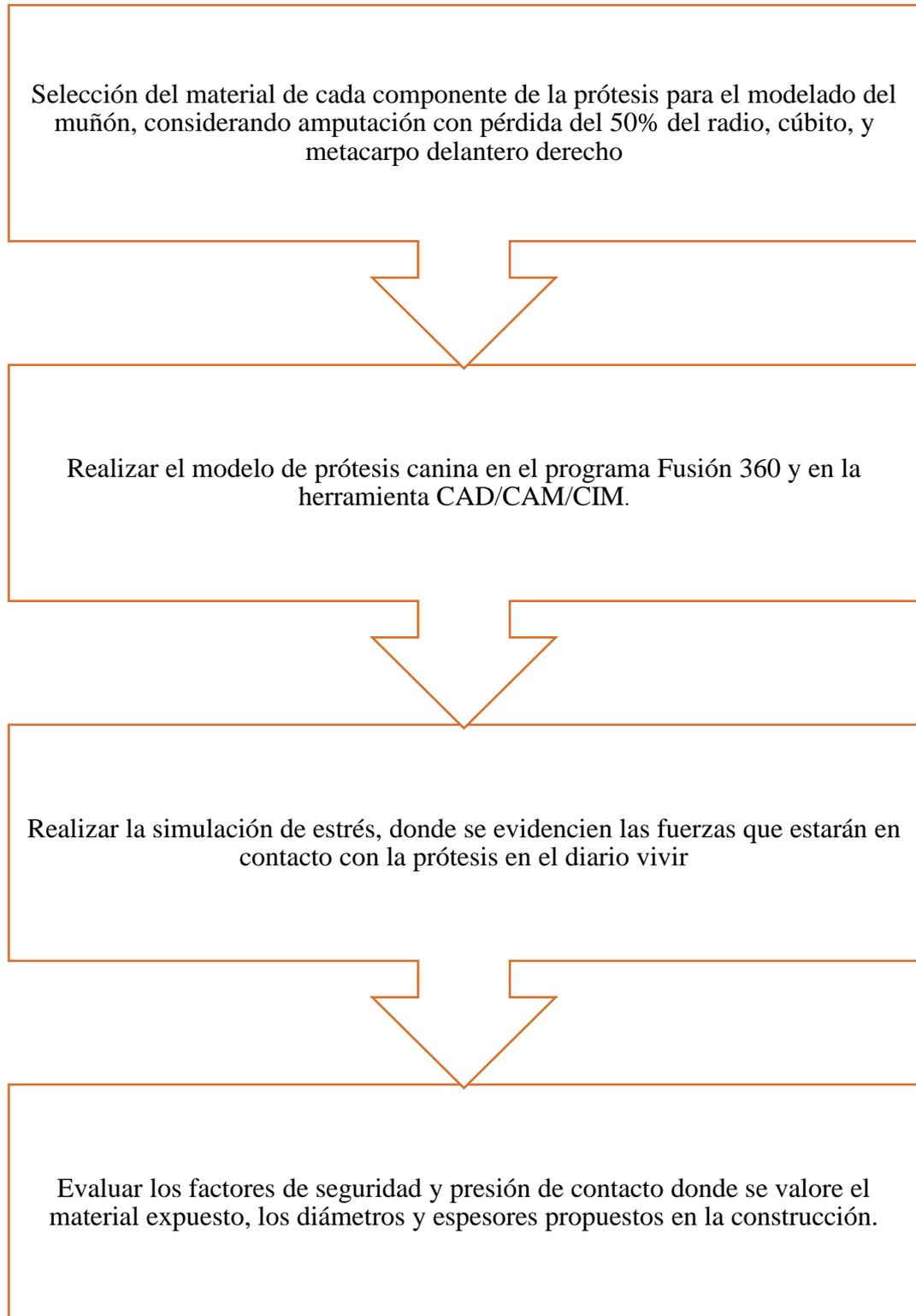
Área: Productividad

Aspecto: Prótesis canica

Objeto del estudio: Universidad tecnológica indoamérica

Periodo de análisis: 2020-2021

Modelo operativo



Descripción del modelo operativo

Selección del material de cada componente de la prótesis para el modelado del muñón, considerando amputación con pérdida del 50% del radio, cúbito, y metacarpo delantero derecho

- Evaluar el material ideal para la construcción de la prótesis canina determinando las características de los materiales a utilizar.

Determinar la fuerza para prótesis canina

- Fijar la fuerza que influirá en el manejo de la prótesis canina calculando la fuerza para la prótesis canina teniendo información recolectada del can.

Realizar el modelo de prótesis canina en el programa Fusión 360 y en la herramienta CAD/CAM/CIM

- Diseñar un modelo de prótesis canina que permita su movilidad luego haciendo pruebas de efectividad en el programa Fusion 360®. Esto con Información recolectada del can.

Realizar la simulación de estrés, donde se evidencien las fuerzas que estarán en contacto con la prótesis en el diario vivir.

- Determinar las fuerzas que estarán en contacto con la prótesis en el diario vivir haciendo una simulación con factores externos que influyan en el prototipo de prótesis.

Evaluar los factores de seguridad y presión de contacto.

- Valorar el material expuesto, los diámetros y espesores propuestos en la construcción de la prótesis y hacer pruebas de efectividad de la prótesis en el can.

Una vez obtenido la prótesis se debe evaluar los factores de seguridad para determinar el punto de mayor fricción encontrando las partes más vulnerables y este

estudio ayuda a valorar el material expuesto, los diámetros y espesores propuestos en la construcción.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Materia prima

Las discapacidades en los animales pueden tener su origen desde el nacimiento o aparecer tras una enfermedad o accidente, requiriendo así una prótesis para mejorar su calidad de vida. Actualmente los diseños en 3D permiten la elaboración de múltiples piezas de prótesis.

Materiales y tecnología

John Schey el cual, es un libro dirigido para diseñadores de productos e ingenieros de manufactura para la construcción de productos viables que incluye procedimientos, procesos y selección de materiales. El Dr. John Shey expone en su capítulo 5 los tipos principales de materiales en ingeniería y los divide en tres:

- **Metales:** Los metales aún son materiales que se utilizan en general, y el crecimiento de su producción con frecuencia se ha tomado como un indicador del desarrollo industrial.
- **Cerámicos:** Se caracterizan por su baja densidad y su alta resistencia a la temperatura alta, a las que constantemente se procesan.
- **Plásticos (polímeros):** Todos se caracterizan por su baja densidad. Su resistencia subjetivamente baja a la temperatura. (Shey, 2002) Para el desarrollo de la prótesis se han descartado a los cerámicos por su fragilidad y baja resistencia al efecto.

Aluminio Las características que realizan del aluminio un metal tan provechoso son: su ligereza, resistencia a la corrosión, resistencia, es un óptimo conductor de electricidad y calor, no es magnético ni tóxico, buen reflector de luz,

impermeable e inodoro, y bastante manejable.

Conforme con el medio de comunicación, Tv Azteca, alumnos del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos, desarrollaron una prótesis de aluminio con un sistema hidráulico, ligero y de bajo precio, para personas con discapacidad motriz en extremidades. Los adolescentes del Instituto Politécnico Nacional escogieron una aleación de aluminio bastante resistente y plástico, debido a que Las prótesis recientes permanecen fabricadas con un material nombrado cold rolled, que es económico emero bastante pesado (Azteca Sonora, 2015

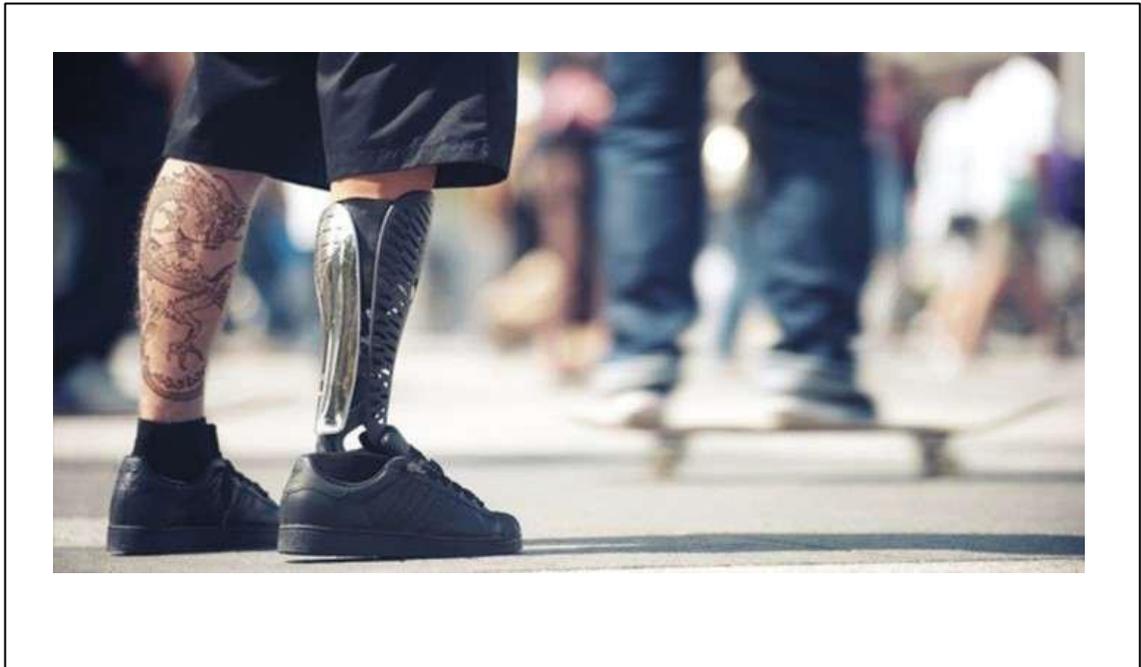


Figura N° 17. Ejemplo de Prótesis de Aluminio

Fuente: Azteca Sonora, 2015.

Elaborado por: El Investigador

Titanio: Algunas de sus características, como gran resistencia a condiciones extremas de temperatura, a la corrosión y su compatibilidad con el tejido humano, lo han convertido en uno de los recursos más empleados en el desarrollo de la tecnología aeroespacial, aeronáutica y médica (Castro L.).

Según un artículo de *io9*, el diseñador William Root es el creador de la primera

prótesis personalizada y de bajo precio impresa en titanio (Treandacosta, 2014)

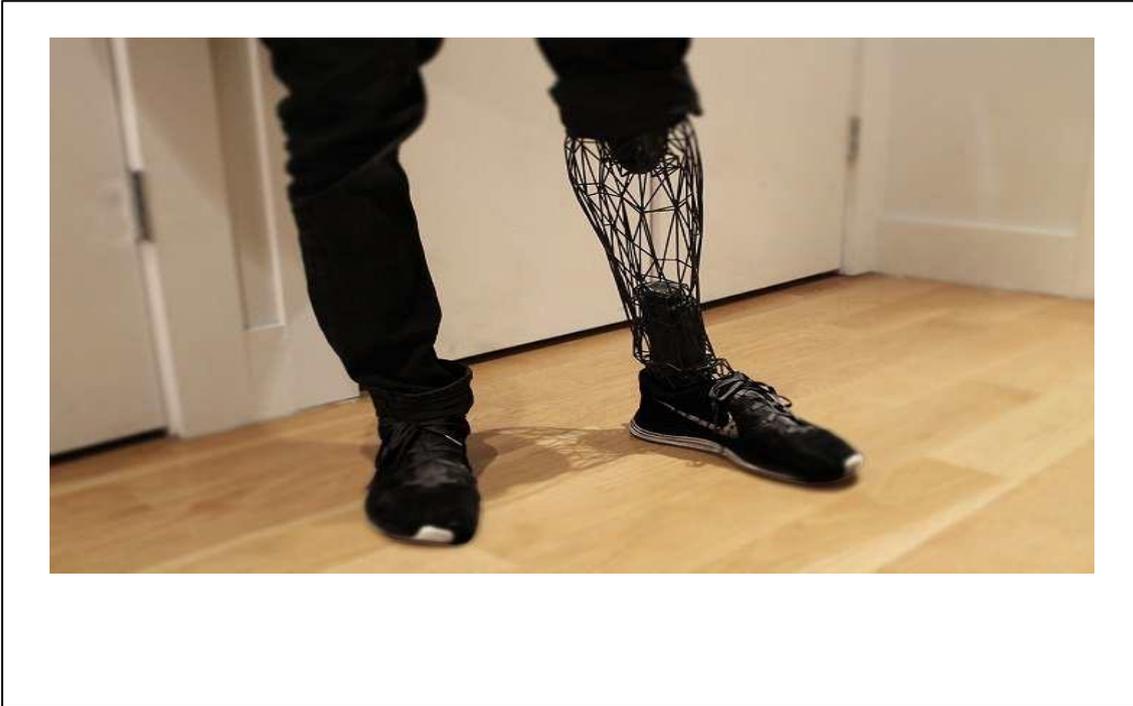


Figura N° 18. Ejemplo de Prótesis de Titanio

Fuente: Treandecosta, 2014.

Elaborado por: El Investigador

Polímeros

Según Shey se catalogan en: polímeros lineales (termoplásticos), polímeros con enlaces cruzados (termoestables), elastómeros y aditivos y rellenos.

El número de polímeros termoplásticos se ha alto en gran medida en las últimas 4 décadas. En los termoplásticos se han considerado sólo los polímeros resistentes al efecto que son:



Figura N° 19. Ejemplo de prótesis de rodilla.

Fuente: Cirugía articular, 2011.

Elaborado por: El Investigador

Poliétileno

Resistente a la abrasión y una tenacidad al impacto alta (Shey, 2002), también se lo ha considerado por sus aplicaciones en prótesis para rodillas. El polietileno presenta una superficie muy lisa que favorece el deslizamiento de los componentes. Además existen polietilenos de diferentes grosores con el fin de adaptarse a las necesidades de cada paciente (Cirugía Articular, 2011).

Cloruro de polivinilo (PVC)

Es un plástico de bajo precio, de forma sencilla procesado, de buena resistencia al agua y con una buena razón resistencia-peso. Es bastante común la implementación de PVC para la construcción de sillas de ruedas de bajo precio, como para perros como para humanos.



Figura N° 20. Ejemplo de sillas de ruedas de vinilo

Fuente: Upc, 2016

Elaborado por: El Investigador

Acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)

En el mundo de la impresión 3D, el ABS es uno de los materiales que en la actualidad más se utiliza para llevar a cabo los procesos de impresión (Impresoras3D, 2013). En el mundo de las prótesis también este material se destaca, en el 2015 se diseñó una prótesis gracias a dos investigadores de la Universidad del Valle de México, Santiago García Pasquel y Beremiz Sánchez, han implantado una prótesis creada mediante impresión 3D en el pico de un tucán (Imprimalia 3D, 2015).



Figura N° 21. Ejemplo de prótesis de prótesis impresa en ABS.

Fuente: Imprimalia 3D, 2015.

Elaborado por: El Investigador

Plástico ABS es un plástico cuya preparación y procesamiento es más difícil que los plásticos usuales, como son las polioleofinas (polietileno, polipropileno). Los

bloques de acrilonitrilo otorgan rigidez, resistencia a ataques químicos y seguridad a alta temperatura así como dureza, características bastante apreciadas en ciertas aplicaciones como son conjuntos pesados o artefactos electrónicos. Los bloques de butadieno, que es un elastómero, otorgan tenacidad a cualquier temperatura. Además es duro y duro, tiene una resistencia química aceptable, baja absorción de agua, y por consiguiente buena seguridad dimensional, alta resistencia a la abrasión, y puede recubrirse con una capa metálica con facilidad.

Nylon

Él es primer polímero de ingeniería, es un polímero tenaz y cristalino. En la actualidad además es aplicado en yesos ortopédicos, debido a que se busca suplir los tradicionales yesos por un material más liviano y a gusto, utilizando los adelantos de la impresión en 3D; Jake Evill, un diseñador neozelandés, presentó un criterio de yesos ortopédicos del futuro, dejando de lado el duro y pesado material y reemplazándolo con una composición construida en impresoras 3D.

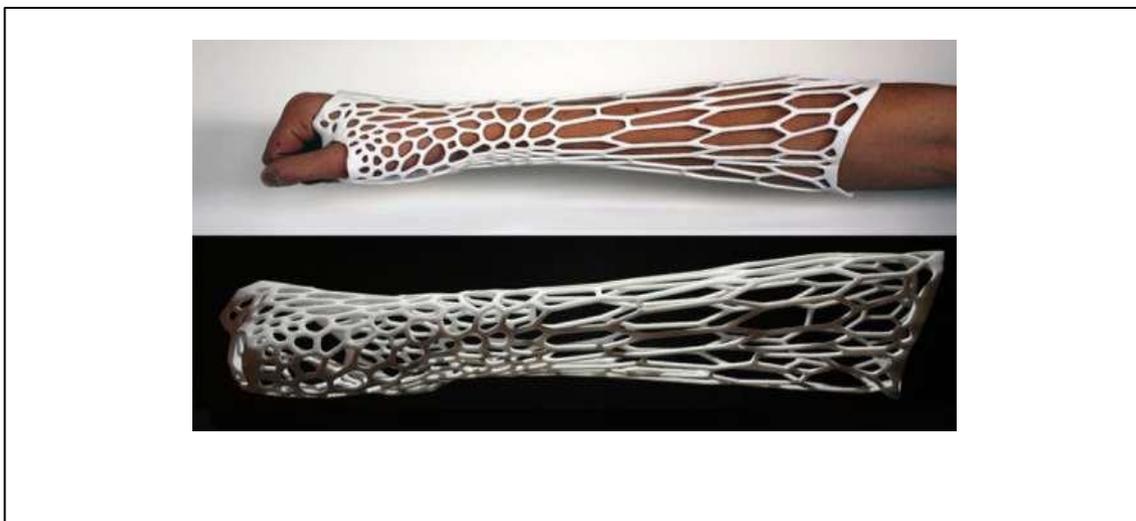


Figura N° 22. Ejemplo de yeso de nylon.

Fuente: El país, 2013.

Elaborado por: El Investigador

Silicona

Dentro de los materiales válidos para realizar la prótesis, se considera las siliconas por sus propiedades; ya que repelen el agua, son resistentes a la intemperie y tienen propiedades eléctricas excelentes (Shey, 2002). Esta prótesis unifica la parte cosmética de alto nivel con el componente funcional de la marcha (Centro de In



Figura N° 23. Ejemplo de prótesis de silicona.

Fuente: Ottobock, s.f.

Elaborado por: El Investigador

Otro ejemplo destacable es “Neptune”, una prótesis de ayuda a la natación que puede ser adecuada en los 3 tipos más habituales de amputaciones y que permite prestar apoyo a varias modalidades de natación mediante el uso de un revestimiento de silicona estándar (Civantos, 2010).



Figura N° 24. Ejemplo de prótesis de pierna, para nadar.

Fuente: Civantos, 2010.

Elaborado por: El Investigador

Termofijos

Los termoestables ofrecen, en general, mayor estabilidad dimensional que los termoplásticos, pero a costa son más frágiles (Shey, 2002) esta es la razón por la cual se han considerado a los termofijos las propiedades que adquieren otros materiales al fusionarse con termoplásticos.

Fenolformadehído

La buena adhesión de los fenólicos a otros materiales los hace adecuados como aglutinante para arena de fundición (Shey, 2002).



Figura N° 25. Ejemplo de ruedas de fenólicos y fibra de vidrio.

Fuente: Tecnología de los plásticos, 2013.

Elaborado por: El Investigador

Elastómeros

Son materiales tenaces, resistentes a aceites y grasas, al ozono y muestran buena flexibilidad a bajas temperaturas. Los elastómeros o cauchos las cadenas de polímero se hallan enrolladas y retorcidas de manera arbitraria, al azar, lo cual les confiere gran flexibilidad para permitir que el material sea capaz de tolerar

deformaciones bastante enormes (Universidad de Salamanca).



Figura N° 26. Ejemplo de aplicación de caucho.

Fuente: Blog de Materiales, s.f.

Elaborado por: El Investigador

Esta no solo incluye métodos de sobrevivencia y de producción, sino también la creación del lenguaje, de los sonidos, del arte (Robles, 2003). Este tipo de avances permiten que los fabricantes de prótesis realicen desarrollos a medida en el sector de las prótesis (Ipresoras3d, 2013). Actualmente se pueden imprimir objetos de larga duración, objetos rígidos con una sensación más suave a velocidades 400% veces más rápidas (3D natives, 2016).

En el Ecuador también existen empresas que se dedican a imprimir en 3D, los materiales más comunes son los polímeros y empresas como *Innova3D*, trabajan con diferentes materiales como ABS, PLA, Laywood, Laybrick, Nylon, PET+, PLA reforzado con fibra de carbono, ABS conductivo y Ninja Flex (*Innova3D*), otro trabajo destacado que se realiza en el país son las prótesis de para humanos, y se fabrican en la ciudad de Guayaquil a partir de la iniciativa de dos profesionales guayaquileños, ellos tienen la capacidad de crear manos, de imprimir una extremidad del cuerpo que a alguien le haga falta, de reemplazar alguna parte del esqueleto que decidió no funcionar más (Diario el Universo,

2015).



Figura N° 27 Moldes para la fabricación de piezas de lego mediante inyección.

Fuente: tecnologia3bunlp, 2016.

Elaborado por: El Investigador

El corte en láser, es una opción económica en comparación con demás materiales ya que permite rápidamente y de manera precisa cortar y dar forma a materiales.



Figura N° 28. Letra de acrílico cortada mediante la técnica láser.

Fuente: Corteláser.biz, s.f.

Elaborado por: El Investigador

Madera

El comportamiento mecánico de la madera depende de las diferentes direcciones del corte: la madera resiste 20 a 200 veces más en sentido del eje del árbol que en sentido transversal (Vignote, 2006).

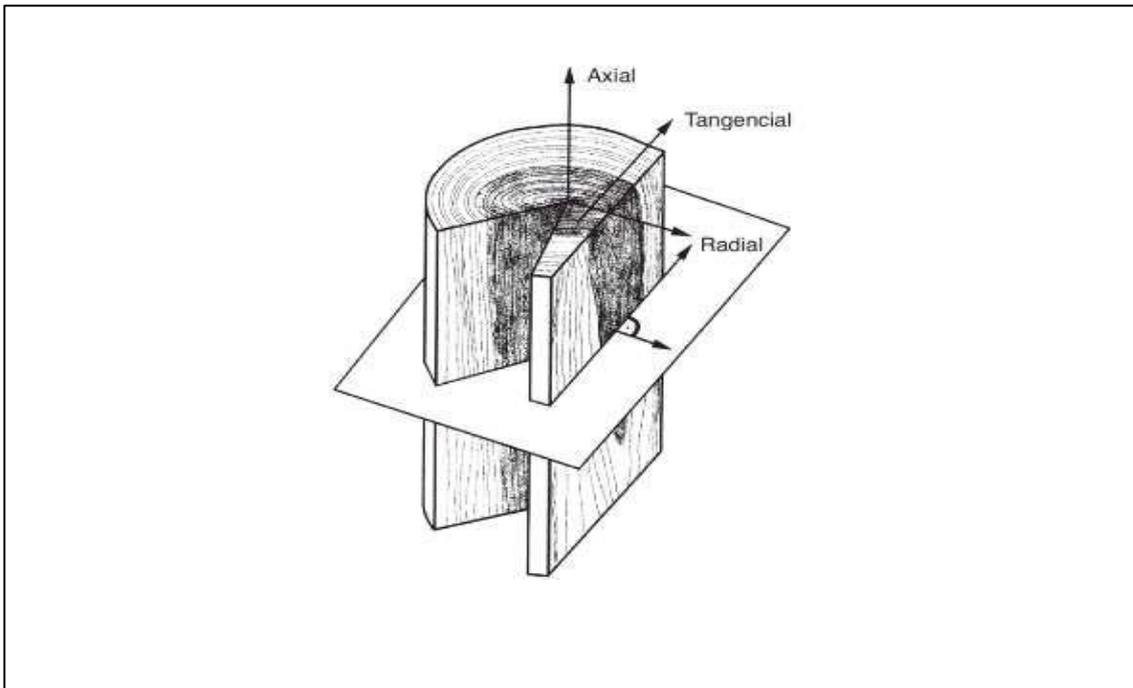


Figura N° 29. Principales direcciones de la madera.

Fuente: Vignote, 2006.

Elaborado por: El Investigador

La madera se puede clasificar según su origen en el cual podría ser natural o artificial. La madera artificial procede de derivados de la madera realizados desde láminas o virutas de madera tratada convenientemente, de acuerdo con el proceso de construcción tenemos la posibilidad de obtener: el aglomerado que es fabricado por medio de virutas, el contrachapado que se fabrica por medio de la alianza encolada y prensada de algunas láminas finas de madera, los tableros de fibra se obtienen uniéndolos partículas o fibras de madera con una resina sintética y prensando y al final los laminados son formados por una base de contador artificial al que se le ha pegado una lámina bastante fina de madera (Educa LAB).

La madera pertenece a los materiales más idóneos para su trabajo a tracción, la madera podría ser curvada o doblada mediante calor, humedad o presión.



Figura N° 30. Prótesis de madera tallada por Alexander McQueen.

Fuente: O'Brien, 2011.

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 30 podemos observar la prótesis fue exhibida en la pasarela de su colección primavera-verano en 1999, donde se buscaba cambiar los ideales de belleza y el futuro de las prótesis en el mundo de la moda (O'Brien, 2011).

Para lograr tener en cuenta a la madera como un material posible para hacer la prótesis, tendrá que ser tratada para aumentar su durabilidad y ser resistente frente a agentes degradantes como hogos. Hay tratamientos que salvaguardan a la madera dependiendo de su especie, como productos decorativos para la custodia superficial que salvaguardan a la madera ante los agentes atmosféricos como son el sol y la lluvia y ante los cambios de humedad y protectores de la madera, hechos con compuestos químicos, aportan a la madera una más grande resistencia ante los agentes bióticos (*Lignum facile*). Es de fácil maquinabilidad,

soporta mejor el peso y tiene mayor resistencia al deterioro por humedad (Aglomerados cotopaxi, 2016).



Figura N° 31. MDF resistente al agua.
Fuente: Aglomerados Cotopaxi, 2016.
Elaborado por: El Investigador

Selección de material mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados

El método ordinal corregido de criterios ponderados se realiza evaluando varias alternativas en función de algunos criterios, se recomienda tener más de 2 alternativas de selección para poder aplicar este método. Esta evaluación se realiza con 6 criterios mostrados en la Tabla 6 seleccionados de acuerdo a los requerimientos de la prótesis.

Tabla N° 6. Pesos específicos de criterios de selección

Criterios	Liviano	No tóxico	Económico	Resistente	Ecológico	Durable	$\Sigma+$	ponderación
Liviano	0	0	1	0	0	0	2	0,0976
No tóxico	1	1	1	1	0,5	1	5,5	0,2683
Económico	0	0	0	0	0	0	1	0,0488
Resistente	1	0	1	0	0	0,5	3,5	0,1707
Ecológico	1	0,5	1	1	0	1	5	0,2439
Durable	1	0	1	0,5	0	0	3,5	0,1707
						Total	20,5	1

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

A continuación en la Tabla 7 se muestra las alternativas de materiales que pueden ser utilizados en la prótesis para que puedan ser evaluados y seleccionar la mejor opción.

Tabla N° 7. Alternativas de materiales

Código	Materiales
A	Aluminio
B	Titanio
C	Polietileno
D	PET (polietileno tereftalato)
E	Cloruro de polivinilo (PVC)
F	Plástico ABS
G	Nylon
H	Madera

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

La evaluación de los pesos específicos de las alternativas se realiza en base a cada uno de los criterios de selección. Las celdas que posean el valor de 1, significa que el nivel de importancia de la función de la fila es superior al de la columna; aquellas celdas que muestren el valor de 0,5 implica que el nivel de importancia entre las funciones de columna y fila son iguales, y por ultimo si la celda muestra un valor de cero, el nivel de importancia de la función de la fila es inferior al de la columna. La Tabla 8 se evalúa a las alternativas con respecto al nivel de importancia de las funciones.

Tabla N° 8. Peso específico por ligereza del material

Ligero	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A	1	1	0	0	0	0	0	1	3	0,0833
B	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0,0556
C	1	1	1	0,5	1	0	1	1	7	0,1944
D	1	1	0,5	1	1	0	0	1	6	0,1667
E	1	1	0	0	1	0	0	1	4	0,1111
F	1	1	1	1	1	1	1	1	7	0,1944
G	1	1	0	1	1	0	1	1	6	0,1667
H	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0278
								Total	36	1

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 9 se muestra la evaluación de alternativas con respecto a la no toxicidad del material hacia el canino.

Tabla N° 9 Peso específico por ‘‘ No tóxico’’

No tóxico	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	3	0,1071
B	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	3	0,1071
C	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	3	0,1071
D	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0	3	0,1071
E	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0	3	0,1071
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0	3	0,1071
G	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0	3	0,1071

H	1	1	1	1	1	1	1	1	7	0,2500
								Total	28	1

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 10 se muestra la evaluación de alternativas con respecto lo económico del material a utilizar para la prótesis.

Tabla N° 10 Peso específico por económico

Económico	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+$	Ponderación
A	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0,0556
B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0278
C	1	1	1	0,5	1	0	0,5	0	5	0,1389
D	1	1	0,5	1	1	0	1	1	6,5	0,1806
E	1	1	0	0	1	0	0	0	3	0,0833
F	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,2222
G	1	1	0,5	0	1	0	1	1	5,5	0,1528
H	1	1	1	0	1	0	0	1	5	0,1389
									36	1

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 11 se muestra la evaluación de alternativas con respecto a lo resistente que pueden ser los materiales seleccionados.

Tabla N° 11 Peso específico por resistente

Resistente	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A	1	0	1	1	0	0	0	1	4	0,1111
B	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,2222
C	0	0	1	1	0	0	0	1	3	0,0833
D	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0,0556
E	1	0	1	1	1	0	1	1	6	0,1667
F	1	0	1	1	1	1	1	1	7	0,1944
G	1	0	1	1	0	0	1	1	5	0,1389
H	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0278
								Total	36	1

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 12 se muestra la evaluación de alternativas con respecto a lo ecológico que pueden ser los materiales seleccionados.

Tabla N° 12 Peso específico por ecológico

Ecológico	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+1$	Ponderación
A	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	4	0,1111
B	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	4	0,1111
C	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0	4	0,1111
D	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0	4	0,1111
E	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0	4	0,1111
F	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5	0	4	0,1111
G	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0	4	0,1111
H	1	1	1	1	1	1	1	1	8	0,2222
								Total	36	1

Fuente: El investigador
Elaborado por: El Investigador

En la Tabla 13 se muestra la evaluación de alternativas con respecto a la durabilidad que tengan los materiales seleccionados.

Tabla N° 13 Peso específico por durable

Durabl e	A	B	C	D	E	F	G	H	$\Sigma+$ 1	Pondera ción
A	1	0,5	1	1	1	1	1	1	7,5	0,2083
B	0,5	1	1	1	1	1	1	1	7,5	0,2083
C	0	0	1	0,5	0	0	0	1	2,5	0,0694
D	0	0	0,5	1	0	0	0	1	2,5	0,0694
E	0	0	1	1	1	0	0,5	1	4,5	0,1250
F	0	0	1	1	1	1	1	1	6	0,1667
G	0	0	1	1	0,5	0	1	1	4,5	0,1250
H	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0278
									36	1

Fuente: El investigador
Elaborado por: El Investigador

Finalmente para dar a conocer la mejor opción de material que se deberá utilizar para la prótesis canina, se deberá realizar la suma de los productos de los pesos específicos de las alternativas por el valor específico de cada uno de los criterios. En la Tabla 14 se muestra los resultados finales y la mejor opción de material a utilizar.

Tabla N° 14 Peso específico por ecológico

Durable	Liviano	No tóxico	Económico	Resistente	Ecológico	Durable	Σ	Prioridad
A	0,0079	0,0281	0,0026	0,0185	0,0291	0,0347	0,0925	4
B	0,0053	0,0281	0,0013	0,0370	0,0291	0,0347	0,1074	2
C	0,0185	0,0281	0,0066	0,0139	0,0291	0,0116	0,0789	6
D	0,0159	0,0281	0,0086	0,0093	0,0291	0,0116	0,0735	7
E	0,0106	0,0281	0,0040	0,0278	0,0291	0,0208	0,0918	5
F	0,0185	0,0281	0,0106	0,0324	0,0291	0,0278	0,1186	1
G	0,0159	0,0281	0,0073	0,0231	0,0291	0,0208	0,0959	3
H	0,0026	0,0655	0,0066	0,0046	0,0582	0,0046	0,0732	8

Fuente: El investigador

Elaborado por: El Investigador

Por lo tanto el material seleccionado de acuerdo al ordinal corregido de criterios ponderados es el plástico ABS.

Propuesta de diseño

Se expondrá el proceso evolutivo de la prótesis, que incluye procesos de conceptualización, experimentación y prueba de mecanismos que influyeron en el diseño del producto final donde se realizara el modelo del diseño que va a ser en el programa Fusion 360.

Alternativas que podían solucionar estos problemas se elaboró una prótesis con las siguientes características:

- Adaptable a la extremidad delantera del canino
- Que sea funcional y ayuda al diario vivir del canino
- Resistente, fácilmente adaptable
- Que pueda ser usada sin supervisión

Diseño del prototipo

El prototipo se trató de una prótesis canina para extremidades delanteras que fue diseñado en el programa Fusión 360 de autodesk con el objetivo de que pueda ser impreso en 3D.

El paciente que será tomado como modelo para el desarrollo del prototipo se detalla en la Figura 32. Se observa que el canino presenta una fractura en su pata derecha, lo cual le imposibilita caminar de forma normal y tener una vida adecuada.



Figura N° 32. Modelo canino para el desarrollo del prototipo

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 33 se muestra la toma de medidas para poder diseñar el modelo de prótesis con las mejoras que se implementaran, primero se tomaron las diferentes dimensiones del paciente en su extremidad parcialmente amputada y en su extremidad completamente sana y posteriormente empezar con el diseño.



Figura N° 33. Toma de medidas para diseño de prótesis

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Diseño de cuerpo 1

En la Figura 34, se observa el diseño del cuerpo del prototipo. Cuenta con cuatro orificios en la parte superior donde debe ir una cinta regulable que servirá ajustar la extremidad con amputación parcial y mejorar su fijación al momento de usarla. En la parte inferior se encuentra un apoyo donde ingresará la cavidad de lo que simulará la pata del canino.

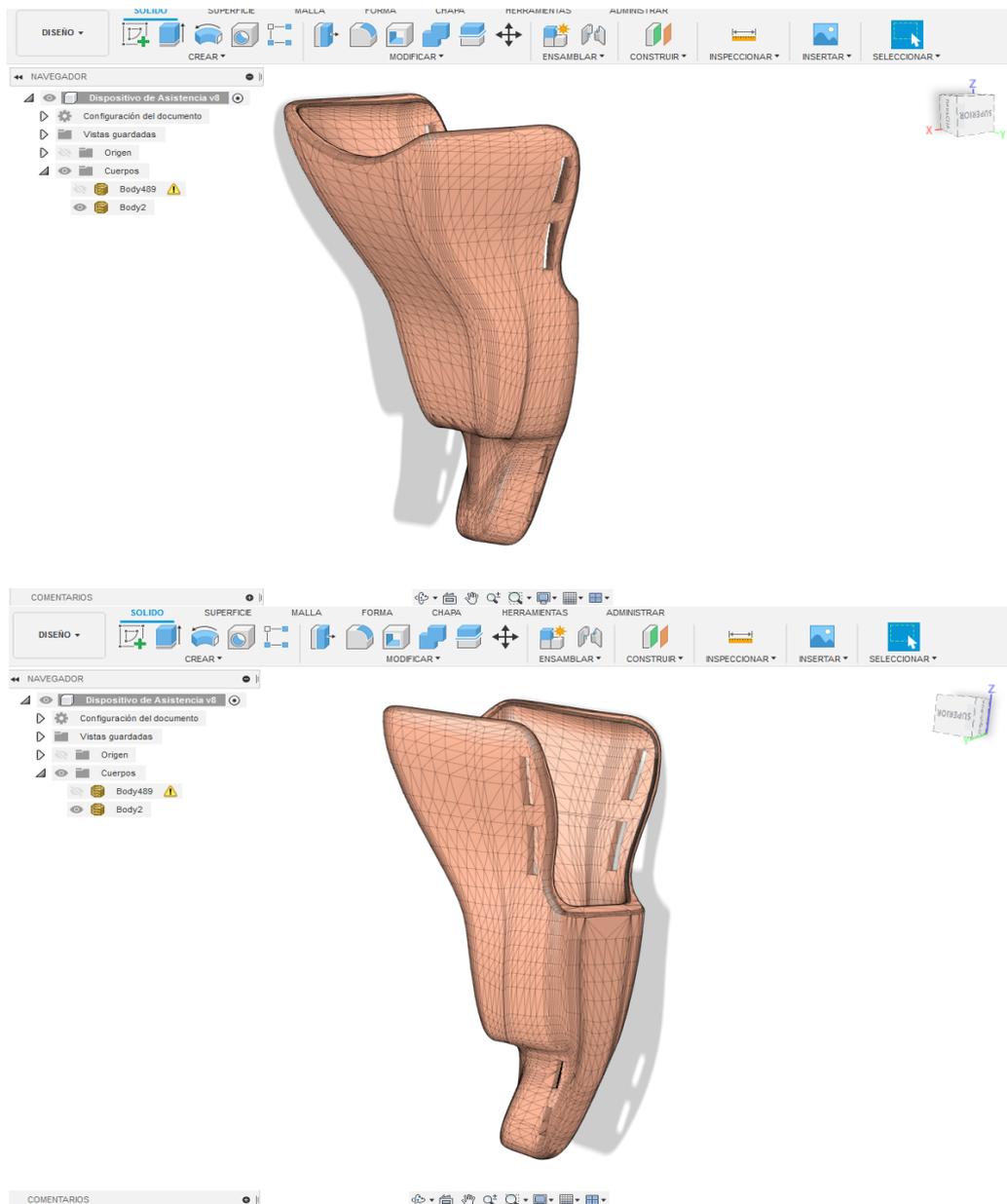


Figura N° 34. Cuerpo superior del Prototipo diseñado

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Diseño de cuerpo 2

En la Figura 35 se detalla la parte inferior de la prótesis diseñada mediante la cual se simula la pata del perro.

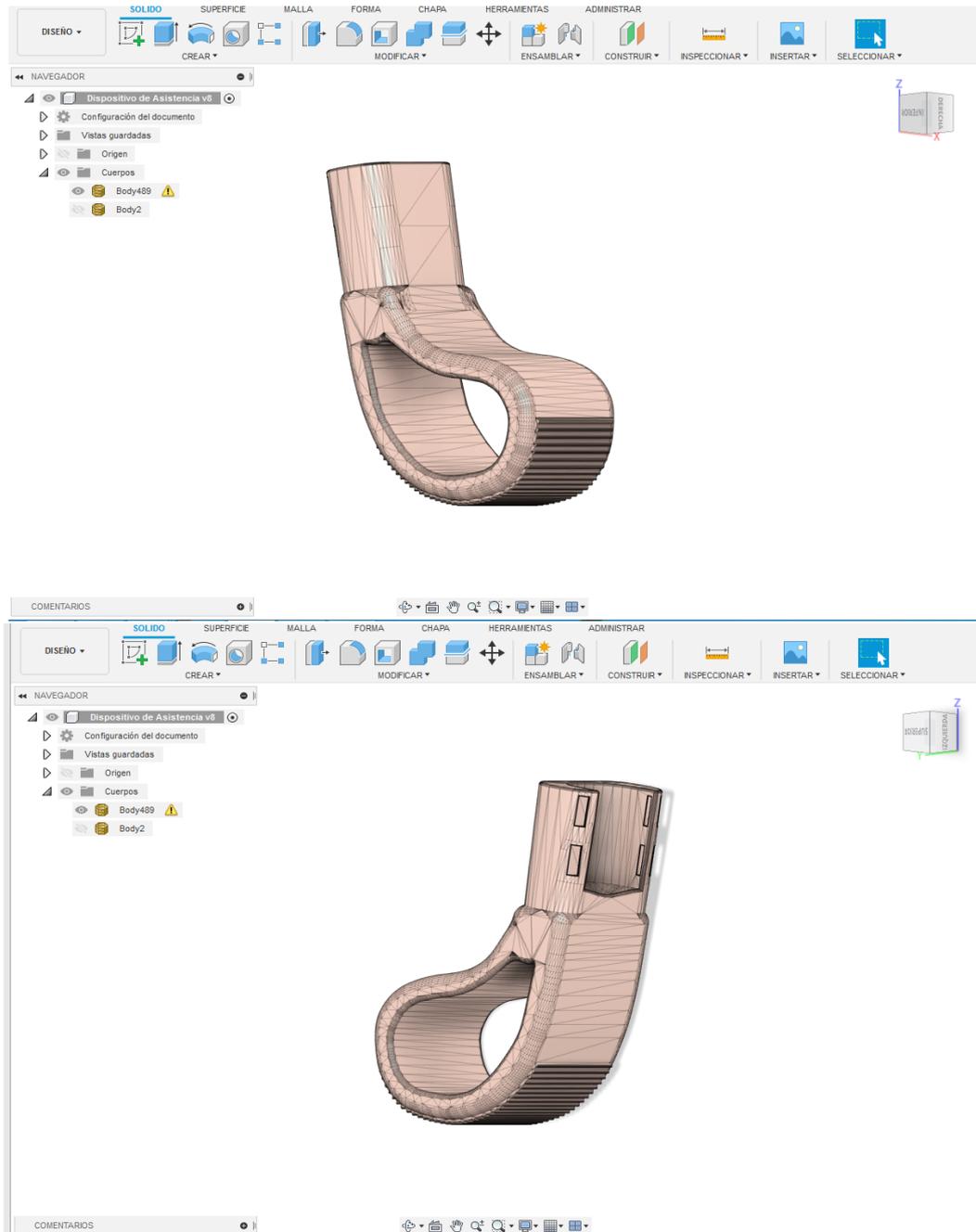


Figura N° 35. Apoyo inferior que simula la pata del canino.

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

El diseño mostrado en la Figura 35 del apoyo inferior está diseñado con un modelo arqueado y corrugado de la base que permite un contacto continuo, una adaptabilidad a irregularidades o pequeñas inclinaciones del terreno, con un límite de movimiento angular del apoyo limitado gracias al contacto entre la unión y el apoyo.

Se ha realizado estas dos divisiones en el prototipo de la prótesis tanto del cuerpo y de la base inferior para que esta última pueda ser intercambiada por el constante uso del canino ya que con el pasar del tiempo puede presentar desgaste y por ende se cambiara solo la parte del apoyo inferior. Incluso se podrá realizar nuevos diseños para el apoyo inferior de acuerdo a los diferentes terrenos en el que pueda necesitar el canino, las opciones son amplias y muy variadas siendo esta una ventaja del diseño de la prótesis.

Diseño de cuerpo entero

En la Figura 36 se muestra diseño completo del prototipo de prótesis canina para extremidades delanteras donde se puede observar la división del cuerpo y el apoyo inferior.

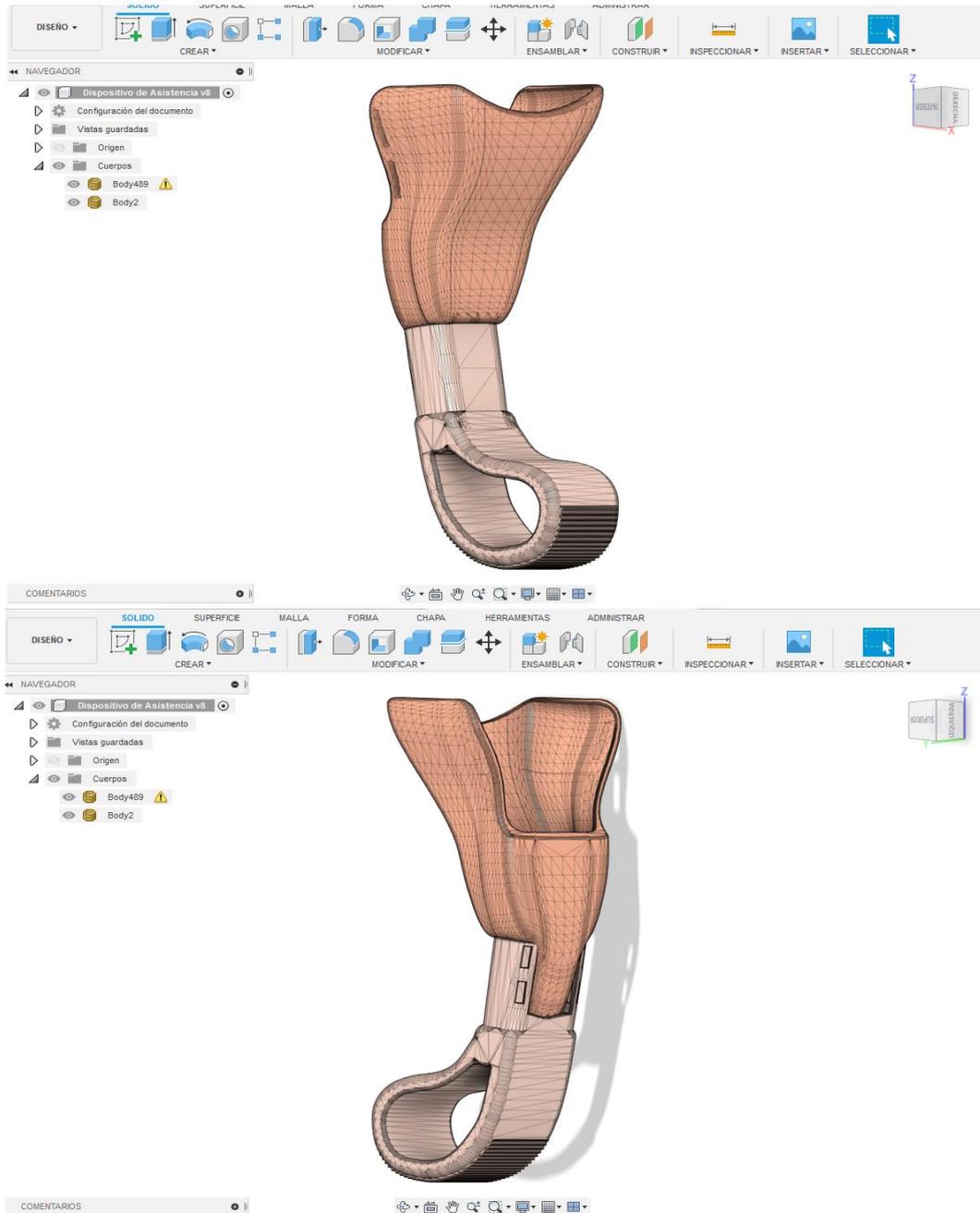


Figura N° 36. Diseño completo del prototipo de prótesis canina para extremidades delanteras **Fuente:** El Investigador
Elaborado por: El Investigador

Estudio de fuerzas y simulación.

Se realizó una simulación de estrés que genera en el animal el uso diario de la prótesis. Por medio de dicha simulación se evidenció las distintas fuerzas que estarán en contacto durante las etapas diarias de uso entre la prótesis diseñada y el canino. La fuerza seleccionada en la simulación es de 150N, teniendo en cuenta que la masa del canino es de 15kg y si bien esta masa se distribuye en las 4 patas, se tomará en cuenta el peso total del can ejercido sobre la extremidad parcialmente amputada para esta simulación haciendo énfasis que en algún momento o por alguna razón el canino ejerza todo su peso sobre la prótesis y esta pueda resistir la carga ejercida. A continuación se detalla la simulación:

Modelo de simulación 1:1

Estudio 1: tensión estática 150N

Malla

A continuación en la Tabla 15 tenemos los parámetros de la malla de simulación que nos entrega el programa Fusion 360 por defecto, siendo estos parámetros los utilizados para la simulación.

Tabla N° 15. Parámetros de malla de simulación en Fusion 360

Tamaño medio de elemento (% del tamaño del modelo)	
Sólidos	10
Escala de tamaño de malla por pieza	No
Tamaño medio de elemento (valor absoluto)	-
Orden de elemento	Parabólico
Crear elementos de malla curva	Sí
Ángulo de giro máx. en curvas (grad.)	60
Relación de tamaño máx. de malla adyacente	1.5
Relación de aspecto máxima	10
Tamaño mínimo de elemento (% del tamaño medio)	20

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Materiales

En la Tabla 16 se puede observar los dos materiales seleccionados para la simulación de cargas estáticas, se encuentran dos materiales ya que la prótesis está dividida en dos cuerpos siendo estos el cuerpo y el apoyo inferior de la prótesis, ambos del mismo material.

Tabla N° 16. Materiales utilizados en diseño de prótesis canina

Componente	Material	Coefficiente de seguridad
Cuerpo2	Plástico ABS	Límite de elasticidad
Pata Intercambiable:1	Plástico ABS	Límite de lasticidad

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Simulación de Cargas

A continuación se muestra las 3 cargas establecidas en tres caras distintas de la prótesis, están distribuidas de modo que simule los esfuerzos en todo el cuerpo de la prótesis y se evidencie su resistencia en cada sección de nuestro prototipo.

Posición de Fuerza 1

Tabla N° 17 Parámetros de fuerza 1 aplicada

Tipo	Fuerza
Magnitud	150 N
Valor X	-46.16 N
Valor Y	0 N
Valor Z	-142.7 N
Ángulo X	-73 deg
Ángulo Y	0 deg
Ángulo Z	0 deg
Fuerza por entidad	No

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Entidades seleccionadas

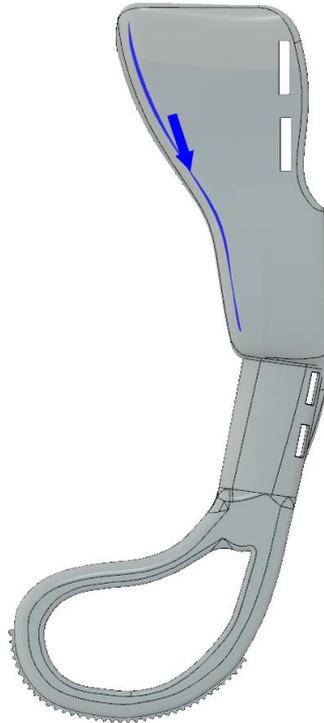


Figura N° 37. Posición de fuerza 1

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 37 podemos observar la flecha azul donde se aplica la carga de 150 N en el simulador, este lugar es escogido ya que es el área donde se asentará la extremidad amputada.

Posición de Fuerza 2

Tabla N° 18 Parámetros de fuerza 2 aplicada

Tipo	Fuerza
Magnitud	150 N
Valor X	-0.02917 N
Valor Y	0 N
Valor Z	-150 N
Ángulo X	0 deg
Ángulo Y	0 deg
Ángulo Z	0 deg
Fuerza por entidad	No

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Entidades seleccionadas

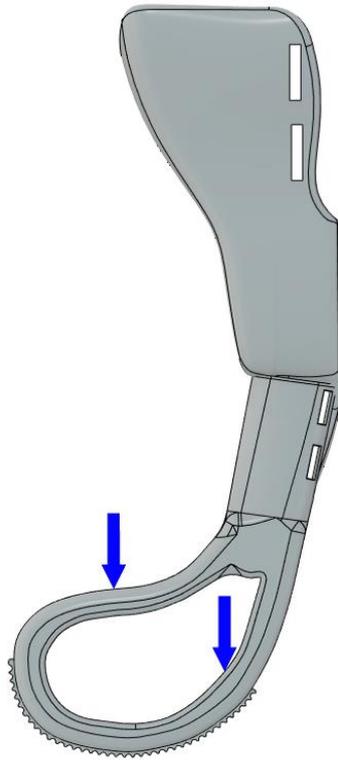


Figura N° 38. Posición de fuerza 2

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

En la Figura 38 observamos la flecha azul donde se aplica la carga vertical de 150 N lo cual simula en contacto con el suelo del elemento de apoyo.

Posición de Fuerza 3

Tabla N° 19 Parámetros de fuerza 3 aplicada

Tipo	Fuerza
Magnitud	150 N
Valor X	22.63 N
Valor Y	-37.34 N
Valor Z	-143.5 N
Ángulo X	-35 deg
Ángulo Y	0 deg
Ángulo Z	0 deg
Fuerza por entidad	No

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Entidades seleccionadas

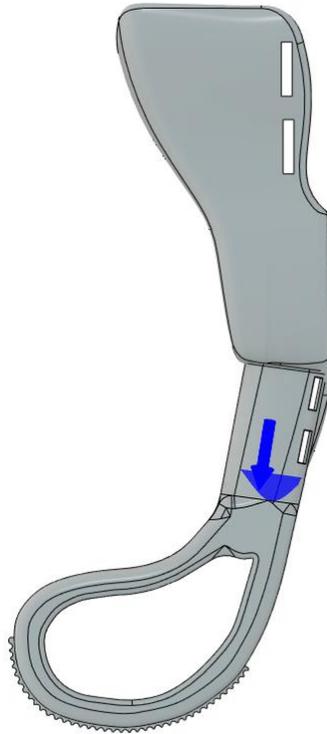


Figura N° 39. Posición de fuerza 3
Fuente: Resultados simulación de Fusion 360
Elaborado por: El Investigador

En la Figura 39 se puede observar la flecha azul donde se aplica la carga de 150 N, este lugar es escogido en el punto donde se realiza la unión del apoyo inferior con el cuerpo de la prótesis.

Resumen de resultados

Tabla N° 20 Resumen de resultados de fuerzas aplicadas

Nombre	Mínimo	Máximo
Coefficiente de seguridad		
Coefficiente de seguridad (por cuerpo)	3.76	15
Tensión		
Von Mises	4.388E-04 MPa	5.319 MPa
Primera principal	-2.842 MPa	2.498 MPa
Tercera principal	-7.259 MPa	0.8739 MPa
Normal XX	-6.514 MPa	1.608 MPa
Normal YY	-3.894 MPa	1.35 MPa
Normal ZZ	-5.91 MPa	2.463 MPa
Corte XY	-2.416 MPa	1.939 MPa
Corte YZ	-1.422 MPa	1.499 MPa
Corte ZX	-2.518 MPa	1.159 MPa
Desplazamiento		
Total	0 mm	0.397 mm
X	-0.04011 mm	0.3524 mm
Y	-0.0274 mm	0.02451 mm
Z	-0.2093 mm	0.009652 mm
Fuerza de reacción		
Total	0 N	14.07 N
X	-6.194 N	13.92 N
Y	-1.662 N	1.812 N
Z	-2.78 N	4.961 N
Deformación		
Equivalente	2.994E-07	0.003716
Primera principal	1.054E-09	0.002725
Tercera principal	-0.003818	1.189E-06
Normal XX	-0.002126	0.001174
Normal YY	-8.19E-04	7.708E-04
Normal ZZ	-0.001638	9.161E-04
Corte XY	-0.002977	0.002389
Corte YZ	-0.001752	0.001847
Corte ZX	-0.003103	0.001428
Presión de contacto		
Total	0 MPa	2.196 MPa
X	-1.996 MPa	0.4916 MPa
Y	-0.4784 MPa	0.9132 MPa
Z	-0.7737 MPa	1.454 MPa

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Es la Tabla 20 se muestra los resultados de la simulación de carga estática con un valor de 150N en el que a continuación se muestra los resultados gráficos.

Coefficiente de seguridad

3.76  8

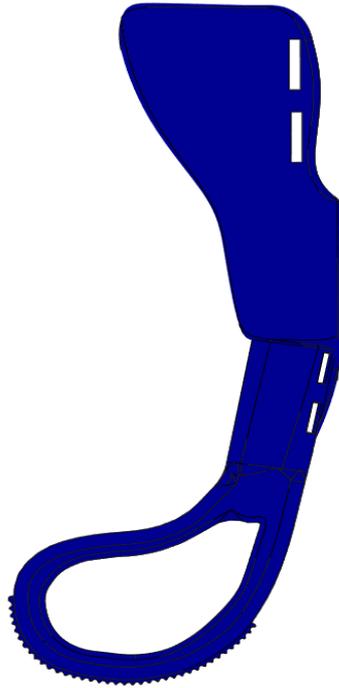


Figura N° 40. Coeficiente de seguridad
Fuente: Resultados simulación de Fusion 360
Elaborado por: El Investigador

En la Figura 40 se detalla el estrés que generará el uso diario de la prótesis en el canino. Se evidencia el resultado de la fuerza de 150N aplicada, mostrando un coeficiente de seguridad de 3.76 con una coloración azul misma que expone que este prototipo tendrá un alto grado de seguridad lo que permite que el canino no presente mucho estrés al usarlo presentando la fuerza ejercida antes mencionada.

Tensión

- Von Mises

En la figura 41 se detalla la tensión de Von Mises en la que se evidencia el resultado de la fuerza de 150N aplicada, mostrando un coeficiente de energía de distorsión de 5.319 MPa en la que gráficamente se muestra una alta seguridad al esfuerzo a tensión que tendrá la prótesis, siendo esta segura y confiable en el diario uso.

[MPa] 0  5.319



Figura N° 41. Tensión Von Mises

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Primera principal

En la Figura 42 permite indicar el valor de 2.498 MPa que es la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza debido a las condiciones de carga, siendo esta una carga admisible que no presenta daños al material seleccionado

[MPa] -2.842  2.498

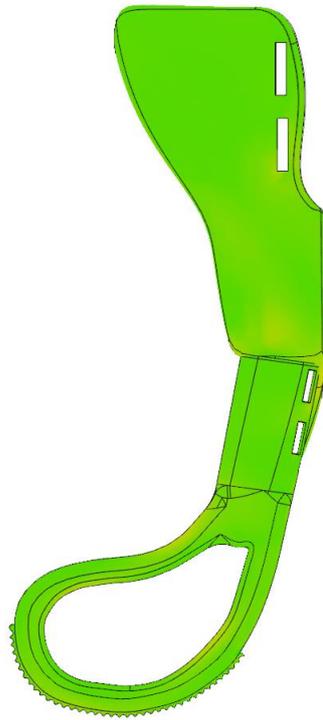


Figura N° 42. Primera principal
Fuente: Resultados simulación de Fusion 360
Elaborado por: El Investigador

Tercera principal

En la Figura 43 se muestra la tercera principal que permite verificar la tensión de compresión máxima inducida en la pieza debido a las condiciones de carga, en la que muestra un valor de 0.874 MPa siendo esta una carga admisible que no presenta daños al material seleccionado.

[MPa] -7.259  0.874

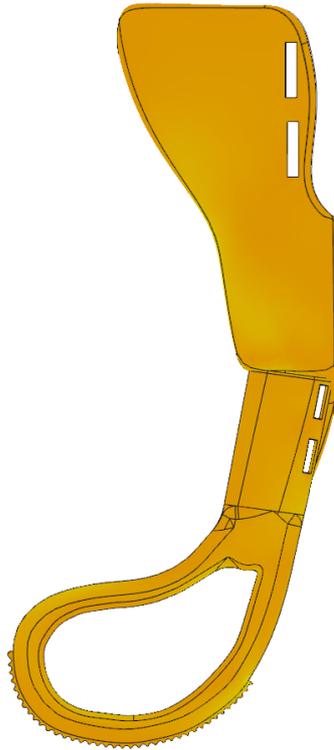


Figura N° 43. Tercera Principal

Fuente: Resultados simulación de Fusion 360

Elaborado por: El Investigador

Desplazamiento

En la figura 44 observamos el desplazamiento total en los que lo resultados muestran la forma deformada del modelo después de aplicar la solución. Permite indicar la magnitud de la deformación con respecto a la forma original siendo este valor de 0.397mm, resultado que demuestra un desplazamiento muy pequeño y por ende muy seguro para nuestra prótesis.

Total
[mm] 0  0.397

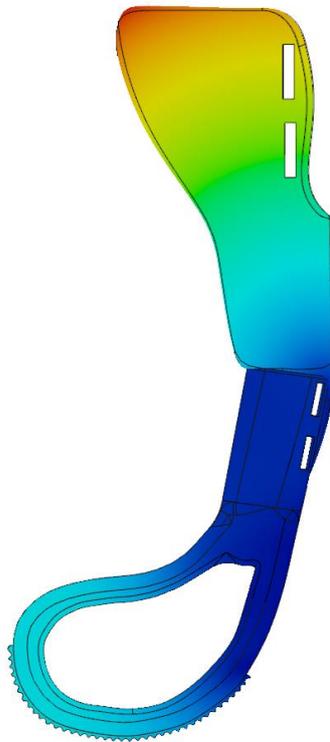


Figura N° 44. Desplazamiento
Fuente: Resultados simulación de Fusion 360
Elaborado por: El Investigador

Resultados Esperados

La necesidad o interés de explotar lo enorme a esta especie, frente a la complejidad de la privación de un integrante, entregó comienzo el aumento de prótesis.

Esta información posibilita entender el manejo de las articulaciones del integrante subsiguiente. Asimismo, se lleva a cabo la exploración de marcha canina, obteniendo un mejor conocimiento respecto a los movimientos de las articulaciones como: ángulo de abertura, movimiento angular y lineal lo cual nos posibilita detallar lo próximo:

- En primer lugar, se espera que este prototipo sea un punto fuerte en el ámbito protésico dado que esta es un área de estudio en constante desarrollo, el cual sigue perfeccionándose gracias a ámbitos dentro de la ingeniería como es el comportamiento de materiales, aplicación de electrónica y otras áreas de estudio.
- En segundo lugar, el mercado de prótesis en animales ha cobrado una gran trascendencia en estos últimos años, consiguiendo prótesis perfeccionadas a niveles de sustitución de elementos humanos.
- Consecutivamente tras la ejecución del diseño de un modelo se espera que el área de prótesis fabricadas mediante herramientas de impresión 3D se convierta en un mundo totalmente explorado. Ya que comúnmente este es un universo.
- En un mercado de prótesis caninas, en el cuál, el precio es sumamente costoso debido principalmente a los métodos de elaboración y materiales utilizados hacen que muchas personas no se puedan consentir el coste de una prótesis canina de ninguna índole por lo que a nivel característico de prótesis, se busca desarrollar un prototipo liviano, agradable y con reducción de impactos, y a la vista de los resultados obtenidos, se puede decir que estos resultados pueden ser posibles. Debido a los conocimientos adquiridos al momento de la realización de este trabajo, centrada en el

concepto de ingeniería industrial, ha surgido la motivación de este trabajo, la cual es lograr una prótesis asequible económica y totalmente funcional, para así lograr simplificar la existencia a muchos perros los cuales han perdido una pata delantera ya sea debido al origen o contingencia.

Cronograma de Actividades

Tabla N° 21 Cronograma de Actividades para el diseño del prototipo

N°	Actividades	N° de Dias												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Selección de diseño general de prótesis	■												
2	Planteamiento de mejoras y diferenciación de nuestro modelo ante los demás		■											
3	Desarrollo de boceto seleccionado de prótesis a diseñar			■										
4	Inicio del manejo del programa Fusión 360				■									
5	Diseño de cuerpo superior de la prótesis en Fusión 360				■	■								
6	Diseño de apoyo inferior de la prótesis en Fusión 360						■	■						
7	Selección de materiales y Estudio de fuerzas de simulación									■				
8	Determinación del factor de seguridad										■			
9	Evaluación de resultados obtenidos											■		

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Análisis de costos

En este apartado se expondrán los diferentes costes para realizar este proyecto. Se desglosará en tres apartados tomando en cuenta el coste mano de obra, equipos usados y materiales adquiridos:

Mano de obra

Para calcular el coste de mano de obra se ha tenido en cuenta el tiempo empleado para el diseño y cálculo del prototipo y su posterior montaje. El total de días laborales empleados en este proyecto han sido de 4 meses días laborales (5 días por semana).

A continuación en la Tabla 22 se encuentra costo de mano de obra que tendrá la construcción de la prótesis.

Tabla N° 22 Costos de mano de obra

Trabajador	Precio Unitario	Cantidad	Unidad	Total
Obrero	\$500,00	1	Diseño	\$100

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Materiales

Tabla N° 23. Costos de materiales

Material	Cantidad	Unidad	Precio
Rollo filamento ABS	2	kilogramo	\$70,00
Cinta velcro	5	Metros	\$10,00
		Total	\$80,00

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Elementos fungibles

En la Tabla 24 se detalla los elementos fungibles, los cuales son elementos que no son posible recuperarlos después de haberlos utilizado. En este caso tenemos a la

electricidad que se utilizara en la computadora como en la impresora 3D, el costo de la tarifa eléctrica en Ecuador es de 10,47 centavos por kW/h, valor con el que se estima el consumo energético a continuación.

Tabla N° 24 costos de elementos fungibles

Ítem	Rendimiento	Potencia (KW)	horas	Precio
Computadora	100%	0,6	616	\$38,69
Impresora 3D	100%	3,5	24	\$8,79
			Total	\$47,48

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

Presupuesto total

A continuación en la Tabla 25 podemos observar el costo total que tendrá el proyecto de la prótesis canina, a este se sumara el IVA del 12%, este valor solo se aplicara a la mano de obra, ya que los demás ítems ya está incluido.

Tabla N° 25 Presupuesto total

	Tipo	Costes \$
1	Materiales adquiridos	\$80,00
2	Elementos fungibles	\$47,48
3	Mano de obra	\$100
	Subtotal	\$227,48
	IVA (12%)	\$240,00
	Presupuesto Total	\$254,77

Fuente: El Investigador

Elaborado por: El Investigador

El presupuesto tendrá un costo total de doscientos cincuenta y cuatro dólares americanos con setenta y siete centavos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Se analizaron los distintos prototipos de prótesis caninas existentes en el mercado, mediante un estudio documental para conocer las características mecánicas a considerar en el desarrollo del prototipo propuesto, se evidencia que existen tres prototipos de modelos opcionados para el paciente canino siendo este el prototipo 2 (Figura 8) las más viable para mejorar su diseño teniendo en cuenta que debe ser funcional para el paciente seleccionado.
- La selección de materiales que se realizó fue apropiada gracias a las distintas opciones que se obtuvo en la que mediante un análisis de criterios ponderados se seleccionó la mejor opción de material para el paciente canino tomando en cuenta criterios como dureza, toxicidad, ecológicos entre otros siendo el mejor opcinado el plástico ABS, un material que es apto en impresión 3D tomando en cuenta que es muy usado actualmente en filamentos para impresión, fácil de adquirir y de bajo costo entre las demás opciones.
- La propuesta del diseño final presentó un factor de seguridad de 3.76 siendo este un valor confiable para poder soportar los 150N de fuerza ejercida sobre la prótesis con un desplazamiento de 0.397 mm siendo estos valores bastante aceptables y confiables para el uso de la prótesis tomando en cuenta el largo uso que tenga y en los distintos terrenos en el que el paciente pueda verse involucrado.

RECOMENDACIONES

- Para futuros proyectos se recomienda estudiar y analizar otros partes del cuerpo del canino que también pueden ser reemplazadas por prótesis. De esta manera se podrá abarcar de forma más global las soluciones con

respecto a prótesis enfocada a canes que hayan perdido movilidad en algún área de su cuerpo y mejorar su calidad de vida.

- Para futuros proyectos en la selección de materiales se propone considerar materiales compuestos con fibras vegetales que sean más livianos, resistentes, biodegradables y por ende que sea amigables con el ambiente para que en algún momento que se desechen sean descompuestos naturalmente y no causen contaminación a la naturaleza.
- Se recomienda para futuros proyectos la diversidad de softwares que puedan utilizarse para realizar este tipo de proyectos, así como también el uso de escáneres 3d para tener una mejor apreciación de las extremidades afectadas y poder elaborar un diseño más preciso de la prótesis, mejorando la funcionabilidad de la misma.

Referencias bibliográficas

- El Comercio . (16 de diciembre de 2016). Prótesis caninas se imprimen en 3D. *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/narices-frias/protesis-perros-impresion3d-tecnologia-depocaspulgas.html>
- Farrell, B., Kistenberg, R., Pitkin, M., & Prilutsky, B. (2018). *Kinetics of individual limbs during level and slope walking with a unilateral transtibial bone-anchored prosthesis in the cat*. Georgia: ScienceDirect.
- Frías , G. N. (2020). *DISEÑO DE PRÓTESIS CANINA DE EXTREMIDAD TRASERA*. Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Hollar, K. (2018). *Quantifying wear depth in hip prostheses using a 3D optical scanner*. Londres: ScienceDirect.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.wear.2017.10.008>
- Lee, Y., & KIm, Y.-I. (2016). *Effect of implant number and distribution on load transfer in implant-supported partial fixed dental prostheses for the anterior maxilla: A photoelastic stress analysis study*. Wuhan: ScienceDirect.
- Murakami, N., Saito, N., Takahashi, J., & Ota, H. (2003). *Repair of a proximal femoral bone defect in dogs using a porous surfaced prosthesis in*

combination with recombinant BMP-2 and a synthetic polymer carrier.
Japón: ScienceDirect. doi:[https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(03\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(03)00041-3)

Timercan, A., Brailovski, I., & Petit, Y. (2019). *Personalized 3D-printed endoprostheses for limb sparing in dogs: Modeling and in vitro testing.*
Italia: ScienceDirect. doi:<https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2019.07.005>

Zink, M., & Van Dyke, J. (2000). *Canine Medicine Sports and Rehabilitation.*
Montreal. Obtenido de] “Canine Medicine Sports and Rehabilitation”
M.Christine Zink and Janet B. Van Dyke

Fusion 360: todo lo que necesitas saber sobre el software 3D - 3Dnatives. (2021).
Retrieved 28 July 2021, from <https://www.3dnatives.com/es/fusion-360-software-290420202/>

ANEXOS

ANEXO 1: Hoja para recolección de información

MESES	Fecha atención	PACIENTE	EDAD	CLASIFICACIÓN FRACTURA POR OBSERVACION DE PLACA
Enero	02/01/2016	Sofia	1 año y 3 meses	Fractura transversa de fémur derecho
	03/01/2016	Boxer	2 meses	Fractura completa espiralada diáfisis fémur izquierdo
	05/01/2016	Stuart	8 meses	Fractura completa transversa en epífisis proximal de radio y ulna
	15/01/2016	Negra	1 año	Fractura en espiral que afecta a humero en su diáfisis distal
	15/01/2016	Teresa	1 año	Fractura transversa de los cuatro metatarsianos a nivel proximal
	26/01/2016	Web	4 meses	Fractura transversa de 4to y 5to metatarsinos
	28/01/2016	Pelusa	1 año y 1 mes	Fractura oblicua en diáfisis de húmero
	30/01/2016	Maya	3 meses	Fractura completa transversa epífisis distal de fémur
Febrero	08/02/2016	Mega	9 meses	Fractura epifisiaria en cuña extraarticular en fémur
	09/02/2016	Blacky	2 años	Fractura en cuña multifragmentada en diáfisis de tibia y peroné
	16/02/2016	Max	8 años y 1 mes	Fractura epifisiaria en cuña extraarticular en tibia
	21/02/2016	Camila	9 años	Fractura en cuña multigragmentada en diáfisis de tibia
	23/02/2016	Neron	1 año y 3 meses	Fractura oblicua en diáfisis de tibia
	27/02/2016	Blumer	4 meses	Fractura epifisiaria con cuña extraarticular
Marzo	01/03/2016	Valentina	1 año y 2 meses	Fractura en cuña esferoidea en diáfisis distal de tibia
	02/03/2016	Chocolate	1 año y 1 mes	Fractura transversa en ala de ilión izquierdo
	08/03/2016	Dulce	1 mes	Fractura oblicua en diáfisis de tibia
	14/03/2016	Pancho	1 año	Fractura epifisiaria simple en radio y ulna
	18/03/2016	Scot	4 años y 2 meses	Fractura oblicua de tibia y fíbula derechas

Fuente: Hospital Veterinario de Especialidades SINAI

Elaborado: Toaquizza Salazar Ana Belén. (2017). Identificación del tipo de fractura ósea a través de rayos x, en pacientes caninos: cachorros, adultos y geriátricos, en el Hospital Veterinario de Especialidades SINAI, en el período de enero a marzo del 2016. Quito: Universidad Central del Ecuador.