

UNIVERSIDAD DISTRITAL "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" - FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO

Nº DE RADICACIÓN: _____

INFORMACIÓN EJECUTORES

Ejecutor 1

Nombre (s): JEFFERSSON DAVID
 Apellido (s): GARCÍA CASAS
 Código: 20122375094
 E-mail: Jefgarca00@hotmail.com
 Teléfono fijo:
 Celular: 314 203 22 50



Ejecutor 2

Nombre (s):
 Apellido (s):
 Código:
 E-mail:
 Teléfono fijo:
 Celular:

INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Título del Proyecto:	DISEÑO, FABRICACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN DE SILLA DE RUEDAS PARA CANINOS CON PROBLEMAS EN EXTREMIDADES POSTERIORES	
Duración (estimada):	Seis meses	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una "x")	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input checked="" type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Proyectos científicos y comunitarios	
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo tecnológico local e institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Diseño en Ingeniería Mecánica y Bioingeniería	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento que involucra:		

INFORMACIÓN PASANTÍA

Nombre de la empresa:
 Dirección:
 Teléfonos:
 Correo electrónico:
 Página Web:

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Director: (Vo. Bo.) ING. VICTOR ELBERTO RUIZ ROJAS
 Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)
 Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.) ING. VICTOR ELBERTO RUIZ ROJAS

DISEÑO, FABRICACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN DE SILLA DE
RUEDAS PARA CANINOS CON PROBLEMAS EN
EXTREMIDADES POSTERIORES

JEFFERSSON DAVID GARCÍA C.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE
CALDAS FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA
MECÁNICA BOGOTÁ D.C.

2013

DISEÑO, FABRICACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN DE SILLA DE
RUEDAS PARA CANINOS CON PROBLEMAS EN EXTREMIDADES
POSTERIORES

JEFFERSSON DAVID GARCÍA C.

Propuesta de proyecto para optar al título de Ingeniero
Mecánico

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE
CALDAS FACULTAD TECNOLÓGICA
PROYECTO CURRICULAR INGENIERÍA
MECÁNICA BOGOTÁ D.C.
2013

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. ESTADO DEL ARTE	7
1.2. JUSTIFICACIÓN	9
1.2.1. Económico - social	10
1.2.2. Técnico y tecnológico	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GENERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1. PRINCIPIOS DE LA BIOMECANICA	12
3.2. BIOMECANICA DE LA MARCHA CANINA	13
3.3 ANALISIS CINEMATICO	14
3.4. CICLO DE MARCHA, TIPOS Y FASES	14
3.4.1 La caminata	14
3.4.2 El trote	18
3.4.3 El galope	19
3.5 TIPOS DE PROTESIS	21
4. METODOLOGÍA	25
4.1 FASE 1 – ANÁLISIS DE NECESIDAD	25
4.2 FASE 2 – PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS VIABLES	25
4.2.1 Determinación de caras y esfuerzos	26
4.3 FASE 3 – DISEÑO DETALLADO	26
4.3.1 Parametrización	26
4.3.1.1 Identificación de variables de diseño	26
4.4 FASE 4 – FABRICACIÓN	27

4.5 FASE 5 – VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN	27
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	28
6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	30
6.1 PRESUPUESTO	30
6.2 FUENTES DE FINANCIACIÓN	31
BIBLIOGRAFÍA	32

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Caminata canina	15
Figura 2 Ángulos de las extremidades delanteras en el transcurso de un paso	17
Figura 3 Trote canino	19
Figura 4 Muestra de galope transversal	20
Figura 5 Muestra de galope rotatorio	21
Figura 6 Ejemplos de prótesis	22
Figura 7 Ejemplos sillas de ruedas para perros elaboradas de manera casera	23
Figura 8 Silla de ruedas “Amigo”	24

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Materiales y servicios requeridos en la fabricación de la prótesis.	29
Tabla 2 Recursos administrativos.	29

INTRODUCCIÓN

En Colombia aproximadamente uno de cada tres hogares tienen un perro como mascota, cifra significativa, que año tras año va en aumento, y paralelamente al incremento de mascotas, se han implementado medidas para su protección y contrarrestar el maltrato de las mismas. Así mismo, se han creado centros de atención para animales domésticos donde velan por su bienestar, dado el alto valor y estima, que actualmente tienen en el núcleo familiar y el lugar que ocupan en la sociedad.

Al igual que todo ser vivo los caninos sufren de diversas enfermedades, que se pueden clasificar y agrupar según su edad, tamaño o razas. Una de las enfermedades más comunes en los perros de raza grande, es la displasia de cadera, la cual va limitando su movilidad hasta el punto de generar una pérdida de reacción en sus extremidades posteriores. Anteriormente en Colombia era común que si un perro no tenía la capacidad de desplazarse por sí mismo y no presentaba mejoría, era abandonado o sacrificado, pero hoy en día se está haciendo un esfuerzo para cambiar esta mentalidad e informarse de las alternativas existentes.

Para el tratamiento de la displasia de cadera, una solución consiste, en una intervención quirúrgica para reemplazar la cadera, o la porción de hueso deteriorada o mal formada. Sin embargo, este método es bastante costoso y pocos son los que pueden acudir a él, lo más habitual en la mayoría de países es la utilización de “sillas de ruedas para perros”, que les permiten desplazarse con facilidad, pero según su diseño pueden generar en el perro, sobre esfuerzos en sus patas delanteras y espalda apareciendo con el tiempo nuevos problemas.

El proyecto de grado estipulado en este artículo, plantea el diseño y fabricación de una silla de ruedas que sea capaz de suplir las necesidades que posee un can con la enfermedad ya mencionada, u otras afecciones, procurando minimizar los efectos colaterales causados por las sillas comúnmente comercializadas para el

tratamiento de esta enfermedad. Adicional a ellos, se busca parametrizar el modelo, con el fin de desarrollar sillas, aptas para diversas razas o tamaños de perros.

En primera instancia para construir la prótesis, se requiere realizar un análisis de la marcha canina, mostrando las cargas y esfuerzos que se originan al caminar, obtenidos de diversas fuentes. Posteriormente, se determinan las necesidades a tratar en el canino, estableciendo parámetros de diseño que permitirán seleccionar la mejor solución para el mismo, como por ejemplo: medidas anatómicas, tipo de lesión, cargas, esfuerzos, etc., con base en la clasificación se desarrolla un diseño detallado para la fabricación de la prótesis. El producto final es acorde a las necesidades del perro en cuestión, facilitando su adaptación y manejo óptimo en su cotidianidad.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad la mayoría de perros discapacitados de miembro inferior no tienen acceso a prótesis fabricadas de alta calidad, si no las producidas de manera casera, que aunque no están mal fabricadas no reúnen los estándares de calidad, materiales y diseño que brinden al animal una posibilidad de mejorar su calidad de vida y para el dueño confiabilidad y tranquilidad.

Para lograr confianza tanto en el dueño como en el animal la prótesis debe de resolver el problema de manera personalizada pues su diseño y construcción dependen de la raza, el tamaño, peso, costo, la actividad cotidiana que realice el animal y de la posibilidad de un descanso a voluntad de la misma, entre otros factores. Sin tener en cuenta variables como estas, las prótesis podrían causar daños colaterales en el animal y frustración y descontento en el dueño, para los que actualmente una mascota es un miembro más de la familia, y por consiguiente, concluir que su mascota no obtiene el tratamiento adecuado.

Se calcula que en el mundo existen, siete mil millones de habitantes y entre mil quinientos y dos mil millones de canes, incluyendo las razas domésticas. El dato de estimación es fijado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en 1 perro por cada 5 habitantes en países desarrollados y 2 perros por cada 5 habitantes en países subdesarrollados¹. Datos como estos hacen notar la necesidad de fabricar prótesis para miembros inferiores para caninos pues es una de las enfermedades comunes que se presentan sobre todo en razas grandes.

La empresa estadounidense Ortho Pets identificó las principales zonas en las que los caninos presentan problemas, diseñando y fabricando prótesis de acuerdo a la necesidad y posibilidad económica del amo. En Buenos Aires Argentina está la empresa Pet wheels que también diseña y construye prótesis y promociona por internet.

Según el estudio de la firma Gfk, entre los países de América Latina con más perros, Argentina ocupa el primer lugar ya que el 78% de la población tiene una mascota canina en su casa, le siguen Chile con el 71%, México con 54%, Brasil con el 44% y Colombia con 29%².

En Colombia no hay una empresa consolidada en el diseño, fabricación y distribución de prótesis para miembros inferiores en caninos, aunque el 29% de los hogares Colombianos cuentan con una mascota canina, lo que visualiza un nicho de mercado para estas prótesis. La Secretaría Distrital de Salud (SDS) reportó la existencia de unos 775 mil caninos en la capital, es decir uno de cada tres hogares cuentan con un canino³, lo que conlleva que sus dueños se vean en la necesidad de velar por alguna de las enfermedades comunes (osteoartritis, la displasia de cadera, displasia de codo, luxación rótula, etc.).

¹ Tatiana Arias Sánchez. (2013). En 6 años la población de perros y gatos se duplicó. Recuperado de <http://cmpr.edu/docs/biblio/apa.pdf>

² GfK SE, fundada en 1934 como GfK-Nürnberg Gesellschaft für Konsumforschung e.V. es la compañía de investigación de mercados más grande de Alemania y la quinta más grande del mundo.

³ Lucevín Gómez E. - redactora del tiempo. (2008). Número de perros en Bogotá bajó 28 por ciento en los últimos tres años.

La displasia de cadera tiene diferentes causas, que pueden requerir la utilización de una “silla de ruedas para perros”, sin embargo, existen otras enfermedades como displasia cervical o la enfermedad de disco, problemas neurológicos, mylopathy degenerativas, patologías de la columna o las vértebras, la artritis, recuperación quirúrgica, amputación de patas traseras o delanteras, ausencia de alguna de sus extremidades desde nacimiento, que pueden requerir también en su tratamiento una silla de ruedas.

La displasia de cadera, se presenta en caninos de raza grande y gigante, y en pocas ocasiones en razas pequeñas, en donde la herencia juega un papel crucial para el desarrollo de la enfermedad. El Pastor alemán, el Rottweiler y el Labrador retriever son las razas que comúnmente son llevadas al veterinario por problemas de cadera. La enfermedad suele hacer presencia en la edad madura, lo que dificulta su tratamiento, y a nivel nacional la recomendación común que se da al dueño del animal es optar por la eutanasia siendo la opción más fácil y que no favorece la investigación y desarrollo tecnológico en la construcción de prótesis.

El desarrollo del presente proyecto busca generar el diseño, fabricación y parametrización, de prótesis aptas para mascotas caninas. Si bien, en algunas páginas web se comercializan dichas sillas, también hay prótesis desarrolladas de manera “casera”, que en muchas ocasiones no son óptimas para el perro que la va a utilizar, pues permiten cierto grado de movilización, pero estaría afectando al canino de diversas formas, produciendo nuevos traumas o afectándolo de otra manera. De igual modo, se pretende que sean asequibles al público en general, ofreciendo distintas calidades, según los requerimientos y la capacidad económica de cada persona.

Finalmente, cabe señalar que el objetivo es mejorar la vida cotidiana del perro y su amo, permitiéndole a la persona tener la opción de prolongar la vida y mejorar la salud de su mascota, otorgando un desarrollo de actividades de la manera más natural posible, sin arriesgar la salud del perro, ni exponerlo a esfuerzos

innecesarios y perjudiciales. De igual manera el desarrollo de dicha prótesis representa un paso más en la evolución de la biomecánica en el país e institución.

1.1 ESTADO DEL ARTE

En el país se han desarrollado avances médicos, que repercuten a nivel mundial, por ejemplo el marca pasos, la vacuna sintética contra la malaria, la válvula de Hakim para el control de la hidrocefalia etc. Se ha generado reconocimiento internacional por los especialistas en medicina de diversas áreas, y profesionales de muy alta calidad presentes en la nación, sin embargo, en la elaboración de prótesis para humanos se han realizado algunos esfuerzos, no es la misma situación con animales, específicamente caninos. El interés que se suscitaba frente a las prótesis de animales radicaba en cómo mejorar una ya existente o comprender el funcionamiento y los respectivos análisis del desempeño de la misma.

Al empezar a mirar casos de prótesis desarrolladas para animales, que presentaban algún trastorno especial, se pudo percibir que en el país es prácticamente nula la creación de prótesis, similares a las implementadas en otras partes del mundo, un hecho claro de ello es que rara vez se observan perros con prótesis en sus extremidades delanteras o traseras.

En Colombia básicamente el desarrollo de prótesis para caninos solo se realiza en casos excepcionales, en los que por una u otra razón, los dueños mandan construir una específica para la mascota que poseen, más no hay empresas reconocidas, incursionando en dicho mercado. La solución común en los casos en que un perro tenga problema en sus extremidades, es proceder a la eutanasia y así finalizar su precaria vida.

Inicialmente se procedió buscando las principales enfermedades de los perros, se centró la información en las más comunes y las zonas del cuerpo en que se presentan, posteriormente se procedió a clasificarlas según razas y grado de afectación. Se determinaron los tipos de tratamientos y los casos en los que se usan

prótesis, se decidió trabajar con la displasia de cadera y demás enfermedades que afecten la movilidad de los miembros posteriores, motivado en gran manera porque mi mascota es un Golden Retriever, una de las razas más aquejadas por la displasia de cadera.

Se buscaron casos documentados en Colombia sobre la displasia de cadera y la elaboración de la respectiva prótesis, pero fue muy poca la información que se pudo obtener. Por medio del sitio web de la empresa OrthoPets, quien ha establecido asociaciones y centros de distribución cualificados en todo Estados Unidos, en Inglaterra, Australia, Canadá, Europa y Sudáfrica, se logró identificar de manera veraz las principales zonas en las que los caninos suelen presentar problemas que requieran el uso de prótesis, sea por enfermedades, accidentes u otros, las prótesis que ofrece esta empresa son de uso externo, removibles, en su mayoría no requieren intervención quirúrgica, y las tienen en gama alta o baja, según la necesidad de cada cliente quien al aportar una breve información de su mascota puede seleccionar la óptima que se adapte a las necesidades del animal.

Seguidamente se consultó como fabricar dichas prótesis, encontrando información solo con respecto, a las “sillas de ruedas caseras”. Continuando con la recolección de información se identificó la “silla de ruedas” construida por el diseñador industrial israelí, Nir Shalom considerada como el “Ferrari” entre su género, y presentada en ‘thinking hands’ de la Semana de Diseño de Milán 2011.

En Colombia cuando una persona tiene su mascota con displasia de cadera, tiene pocas opciones de solución: mandar a hacer la silla a un especialista en el tema pagando un alto costo, acudir a una empresa en el exterior que la fabrique y la envíe, construirla con ayuda de un manual o guía de diseño, hacerla de forma artesanal o practicarle la eutanasia a su mascota.

La construcción artesanal de la silla está al alcance de todas las personas, dados los altos costos que puede representar una silla de un especialista. La mayoría de las “sillas de ruedas que se ofrecen en la web, presentan falencias en cuanto a su

diseño y construcción, tienen poca adaptación a la anatomía de ciertos canes y su confiabilidad en duración y resistencia es muy baja.

Surge aquí el planteamiento de un problema y una necesidad por resolver.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Colombia no es ajeno a la creciente lucha por los derechos de los animales, y las constantes campañas por el cambio de mentalidad y toma de conciencia respecto a la sana convivencia con todo ser vivo, llevando como emblema la igualdad de derechos para con los animales. Paralelo al cambio de conciencia se ha visto una creciente adopción de mascotas en los hogares Colombianos, alimentando el mercado que vela por las necesidades de las mismas y dicho mercado lo encabeza la salud y sus cuidados.

Hoy en día se pueden observar a familias que aprecian a su mascota, y la consideran un miembro más de la misma, por esta razón es de vital importancia poder brindar soluciones a cualquier problema o enfermedad que los pueda afectar. La mayoría de las razas grandes sufren de problemas en sus extremidades posteriores, y dichas afectaciones en la mayoría de los casos son a causa de la displasia de cadera.

En otras partes del mundo, si se requiere, lo habitual es realizar un procedimiento quirúrgico que consta del remplazo de cadera, o implantes que permitan contrarrestar la malformación o alteración presente en dicha área. Sin embargo, en la nación estos procedimientos son muy costosos y son inaccesibles para la mayor parte de la población, por esta razón es común recurrir al sacrificio del animal como solución.

Frente a esta polémica se puede justificar el proyecto mediante diversas alternativas:

1.2.1 Económico - social

Al diseñar prótesis de alta calidad a nivel nacional lo que se busca es mejorar la vida de las mascotas y sus respectivos amos, generando soluciones al alcance del mayor público posible, aprovechando el mercado creciente, en busca de soluciones eficaces para el tratamiento de su mascota.

El diseño basado en las necesidades de cada uno de los clientes es una prioridad, de ahí la importancia de parametrizar las medidas de la “silla de ruedas”, puesto que por medio de los resultados arrojados de este estudio se podrá construir de manera más simple y dinámica modelos aptos para un número de clientes más amplio, ahorrando tiempo y dinero, factores cruciales para que el producto final, sea más económico y de mayor calidad.

1.2.2 Técnico y tecnológico

El proceso de diseño y fabricación de prótesis para canes con problemas en sus miembros posteriores, abre una ventana poco explorada en Colombia frente a soluciones eficaces en la salud de los animales, con la cual se busca fomentar la investigación en dicha área y aplicarla de manera directa en la industria, para así dinamizar una retroalimentación de conocimiento y experiencias, que tendrán repercusión en la calidad y capacidad de los procesos y tecnologías requeridos.

La implementación de nuevo conocimiento permitirá una mejor calidad de vida para la mascota y su familia, y a su vez facilitara el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías en la industria, abriendo la posibilidad de diversos mercados e inyección de capital en el área de la biomecánica enfocada a tratamientos para animales, supliendo así la carencia existente en tratamientos especializados en los mismos, brindando tranquilidad y amparo a las mascotas y sus familias.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y fabricar una “silla de ruedas” para caninos de las razas pastor alemán, golden retriever y labrador retriever con lesiones o enfermedades en miembros posteriores.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un análisis de la necesidad para establecer requerimientos de diseño.
- Plantear alternativas viables de solución.
- Realizar diseño detallado por parámetros de la solución escogida.
- Fabricar la solución de acuerdo a los requerimientos.
- Validar la solución con caninos que tengan alguna enfermedad en sus miembros posteriores.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 PRINCIPIOS DE LA BIOMECÁNICA

La biomecánica se define como la ciencia y tecnología de los movimientos simples y complejos que pueden ejecutar los animales para armonizar con sus restricciones anatómicas. El diseño adaptivo de un organismo que se mueve autónomamente permite la ejecución de ciertas secuencias esqueleto-musculares y prohíbe ciertos movimientos “imposibles”.

“Los movimientos tienen una fuerte relación con outputs cerebrales, sobre todo en el caso de manos que escriben signos y dibujos, que ya escapan a los límites de la biomecánica propiamente dicha. Cualquier restricción corporal está delimitada por las posibilidades biomecánicas (Von der Beck, 1999)⁴.

La biomecánica mediante una integración de diversas disciplinas logra comprometer diversas áreas de conocimiento en pos del estudio y análisis del comportamiento y cualidades de los seres vivos, dichas áreas son: la filosofía, genética, traumatología, anatomía, ortopedia, mecanismos cardiovasculares, estática, hidráulica, dinámica, resistencia de materiales, entre otras.

Así mismo posee un amplio abanico de posibilidades de herramientas a utilizar en el análisis de sistemas de diversa índole, como por ejemplo: el biólogo Robert Full hace uso de la tecnología de “cámara lenta” para analizar e identificar qué factores son los que permiten a ciertos animales caminar sobre todo tipo de superficies, o a grandes velocidades, el modelamiento en elementos finitos, permite determinar con grandes aproximaciones el comportamiento de las fuerzas y esfuerzos internos producidos entre tejidos y músculos, etc.

⁴ Roberto Rodríguez Ricco. TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA. Universidad Mayor de San Simón Cochabamba – Bolivia. Recuperado de <http://www.traumatologiaveterinaria.com/articuls/docs/biomecanica.pdf>

3.2 BIOMECÁNICA DE LA MARCHA CANINA

La locomoción normal del perro implica el correcto funcionamiento de todos los sistemas y órganos del cuerpo, en dicha tarea intervienen hasta el 99% de los músculos del cuerpo, y la mayoría de la estructura ósea. La coordinación y funcionamiento de estas piezas representa el denominado fenómeno de la marcha. La literatura veterinaria se entremezcla con sólo unos pocos informes de este sistema. Aunque la marcha se relaciona estrechamente con la ortopedia, a menudo no se incluye en los programas de formación ortopédicos o libros de texto ortopédicos.

El estudio científico de la marcha en el perro comenzó a finales del siglo 19 con la llegada de la fotografía. En 1888, Muybridge, a través del uso de la fotografía estroboscópica, fue capaz de mostrar el paso de un galgo de carreras. En su libro también detalla a perros de caza, corriendo a distintas velocidades, además incluye imágenes de algunos animales domésticos y salvajes. Anterior a esto, los encargados de representar la marcha de perros y caballos eran los artistas, quienes los plasmaban en poses que no son naturales en estas especies.

El análisis de la marcha en el perro ha producido algunas normas para la velocidad promedio de caminar, así como duraciones de tiempo para las dos fases de la marcha: la fase de apoyo y la fase de oscilación. La simetría y la asimetría de la marcha se observan fácilmente y se pueden medir utilizando sistemas que van desde un cronómetro y un camino de tierra para determinar la colocación de los pies, a pasarelas electrónicas e interruptores de pie que señalan el instante de contacto con el piso. Los aspectos temporales de la marcha también se pueden observar en combinación con imágenes en movimiento de alta velocidad para determinar la longitud de la postura y fases de oscilación. Cuando estas imágenes se combinan e integran con una plataforma de fuerza, se obtienen datos adicionales. En general la mayor parte de los métodos de análisis de la marcha se puede realizar en entornos naturales y sin tener que acudir a la filmación de la marcha del canino que está siendo estudiado.

3.3 ANÁLISIS CINEMÁTICO

Cinemática es el estudio del movimiento relativo que existe entre los cuerpos rígidos, conocidos como “enlaces”. El análisis cinemático de la marcha investiga el desplazamiento, la velocidad y la aceleración de los diversos segmentos del cuerpo. La fotografía estroboscópica, que se utiliza por primera vez en el perro por Muybridge, fue uno de los primeros intentos de establecer las normas para la rotación sagital de las extremidades, cabeza y el cuello en los animales⁵. En la actualidad, las películas de alta velocidad son consideradas uno de los mejores métodos de análisis cinemático de la marcha del perro. El desarrollo de electrogoniometría (medición eléctrica de ángulos de la articulación) ha permitido la simplificación del análisis de películas cinematográficas, dado que los ángulos de las distintas articulaciones se pueden medir directamente. Uno de los problemas con electrogoniometría es el posicionamiento adecuado del dispositivo para asegurar una toma precisa y poder apreciar la verdadera medida del ángulo.

3.4 CICLO DE MARCHA - TIPOS Y FASES

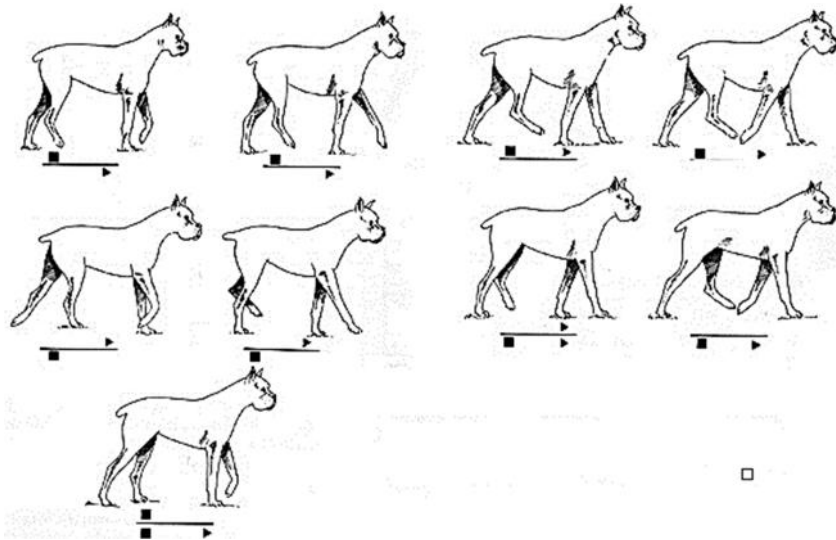
3.4.1 La caminata

La caminata ha sido descrita como la forma menos agotadora y más eficiente de la locomoción del perro ⁶. Al caminar, el perro nunca tiene menos de dos pies en el suelo (por lo general tres pies), y en ocasiones las cuatro patas puede estar en contacto con el suelo. Un ejemplo del perro en una caminata y el patrón de colocación de los pies se muestra a continuación.

⁵ Muybridge E: *Animals in Motion*. New York, Dover Publications, 1957

⁶ Howell AB: *Speed in Animals*. New York, Hafner, 1944

Figura 1: Caminata canina. El patrón de huellas debajo de cada animal, muestra que extremidades se encuentran en el suelo durante ese ciclo.



Fuente: Normal And Abnormal Gait - Chapter 91 - David M. Nunamaker, Peter D. Blauner - http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter_91/91mast.htm

La fuerza vertical ejercida en las extremidades delanteras del perro, mientras camina es de aproximadamente 1,1 veces el peso corporal, y la cifra correspondiente a las extremidades traseras es de 0,8 veces el peso del cuerpo a una velocidad de 3 a 5 pies / seg ⁷. Las fuerzas registradas en el plano longitudinal muestran que la fuerza de desaceleración es más prominente en las patas delanteras y la fuerza de aceleración más prominentes en las patas traseras ⁸. Por lo tanto, en el paseo de perros, parece que el impulso hacia adelante es generado por las patas traseras, mientras que la carga de peso, aunque es mantenida por las cuatro patas, es mayor en las patas delanteras. Las patas delanteras también se utilizan frenar al animal y la absorción de choque. Hay una gran cantidad de variaciones en el patrón de caminata entre los caninos, que se pueden ver

⁷ Hutton WC, Freeman MAR, Swanson SAV: The forces exerted by the pads of the walking dog. J Small Anim Pract 10: 17, 1969

⁸ Jayes AS, Alexander R McN: Mechanics of locomotion of dogs (Canis familiaris) and sheep (Ovis aries). J Zool 185:289, 1978.

influenciados por el tamaño y raza. En general, los perros pequeños muestran la mayor variación en su modo de andar, mientras los de razas grandes suelen mantener un patrón más conciso ⁹.

La acción de la extremidad delantera durante el soporte puede ser descrito como un puntal, con el movimiento de la extremidad y el cuerpo modelado como un péndulo invertido ¹⁰. Este modelo permite un aumento en la eficiencia de la locomoción durante la caminata. Se ha estimado que sólo el 30% a 40% de la energía necesaria para el movimiento es proporcionado por la acción muscular. El restante 60% a 70% se atribuye a la conservación de la energía del cuerpo o “péndulo” ¹¹.

El movimiento hacia abajo de la cabeza y el cuello se asocia con impacto de los dos pies delanteros en el inicio de cada fase de apoyo, mientras que un movimiento hacia arriba se asocia con la recuperación de cada extremidad. Por tanto, la cabeza y el cuello muestran dos picos de movimiento para cada paso. La articulación de la pelvis hasta el sacro proporciona un soporte relativamente rígido de la extremidad posterior en comparación con la extremidad anterior. Los movimientos horizontales de las articulaciones de la cadera en relación con el cuerpo se proporcionan para los movimientos laterales de la columna vertebral. La columna vertebral se mueve lateralmente lejos de la pierna en contacto con el suelo, permitiendo de este modo el movimiento horizontal de la pelvis. Este ligero movimiento lateral de la región lumbar de la columna vertebral se produce dos veces con cada paso para ayudar en la colocación hacia delante de la extremidad en recuperación y aumenta el movimiento de balanceo de las caderas, alargando así la zancada ¹².

⁹ Hildebrand M: An analysis of body proportions in the canidae. *Am J Anat* 90:217, 1952

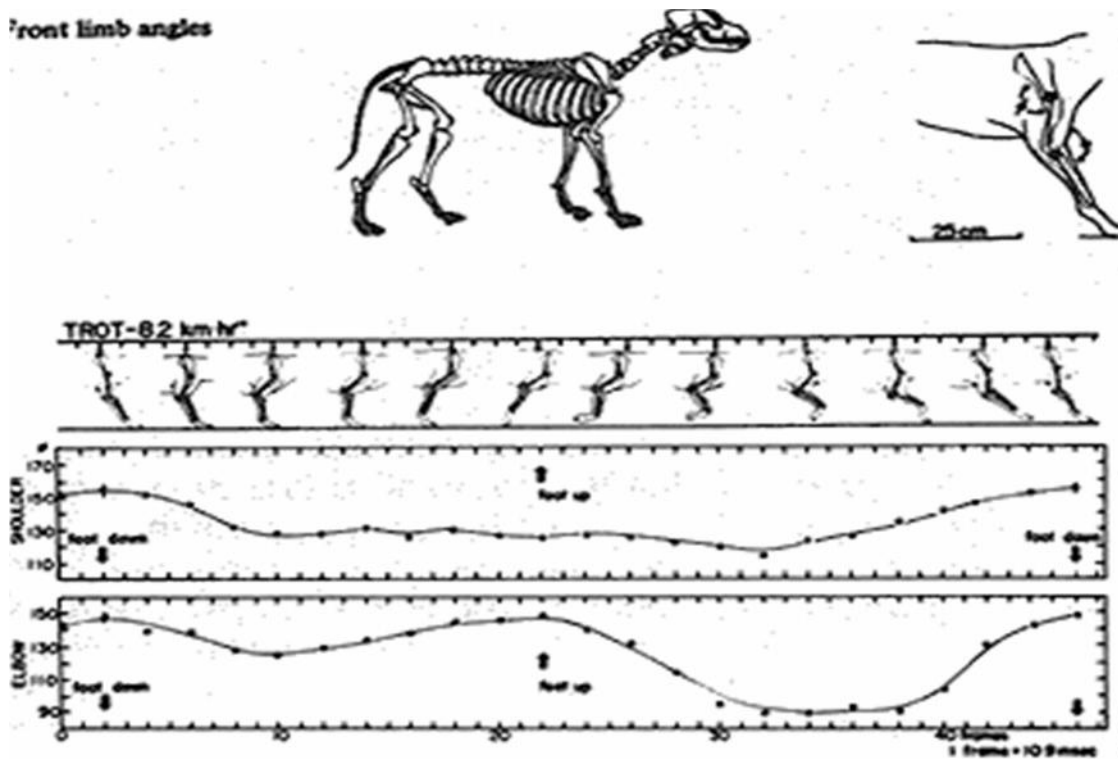
¹⁰ Tokuriki M: Electromyographic and joint mechanical studies in quadrupedal locomotion: I. Walk. *Jap J Vet Sci* 35:433, 1973

¹¹ Taylor CR: Why change gaits? Recruitment of muscles and muscle fibers as a function of speed and gait. *Am Zool* 18:153, 1978

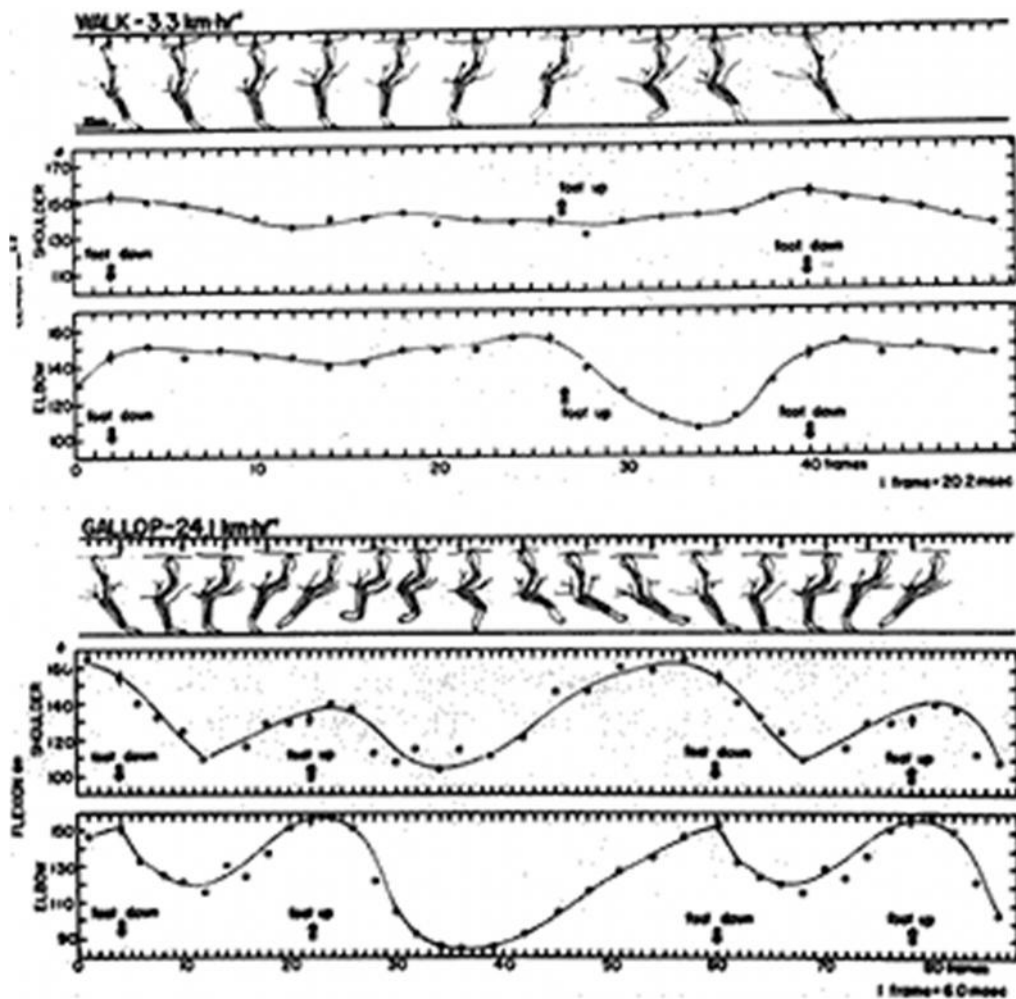
¹² Leach D, Sumner-Smith G. Dagg AI: Diagnosis of lameness in dogs: A preliminary study. *Can Vet J* 18:58, 1977

Los diferentes roles que los miembros delanteros y traseros que juegan un papel durante la locomoción se han indicado en la plataforma de fuerza, electromiografía, y otros estudios. El centro de gravedad del perro se encuentra cerca de las extremidades anteriores, probablemente cerca de la base del corazón. En una posición normal, 60% de peso del perro descansa sobre las patas delanteras: la extensión de la cabeza y el cuello o el descenso de la cabeza pueden aumentar este peso hacia adelante en un 10% a 15% ⁶.

Figura 2: Ángulos de las extremidades delanteras en el transcurso de un paso, ya sea por caminata, trote o galope.



⁶ Howell AB: Speed in Animals. New York, Hafner, 1944

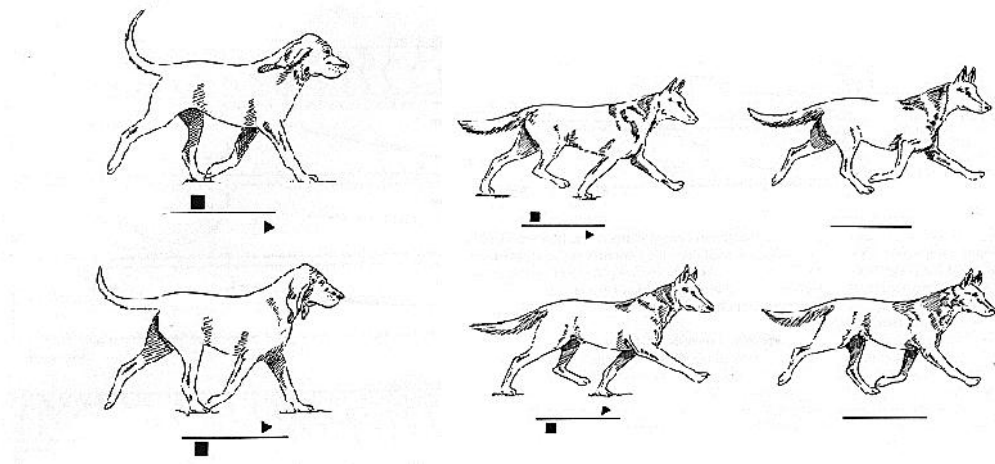


Fuente: Goslow GE.: La actividad eléctrica y los cambios de longitud relativos de músculos de las extremidades del perro como una función de la velocidad y la marcha J Exp. Biol. 94:19 33, 1981

3.4.2 El trote

El trote es un modo de andar simétrico, producido cuando los pares diagonales de las piernas se mueven casi al mismo tiempo, haciendo que la duración del contacto con el suelo sea ligeramente mayor en las patas traseras, que en las patas delanteras.

Figura 3: Trote canino, en el que se muestra la mantención de 2 extremidades en el suelo en todo momento, mientras en el trote de vuelo se observa dos fases de suspensión.



Fuente: Normal And Abnormal Gait - Chapter 91 - David M. Nunamaker, Peter D. Blauner - http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter_91/91mast.htm

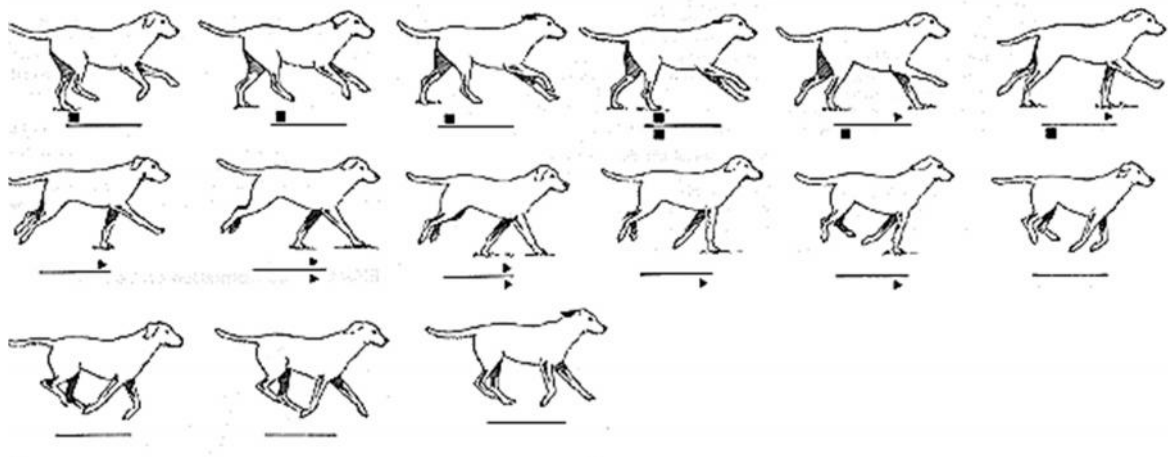
El trote generalmente pone dos pies en el suelo en todo momento, sin embargo, algunos perros tienen una fase de suspensión que se denomina un trote vuelo (Fig. 91-5). Los perros con corta longitud del cuerpo y las piernas largas tienen dificultades para trotar, ya que sus patas traseras interfieren con sus patas delanteras. La diferencia entre el paso y el trote implica el aumento de los movimientos verticales del cuerpo, especialmente la cabeza y el cuello, así como un aumento en el movimiento de las articulaciones, especialmente el hombro, el codo, y carpo de la pata delantera y las articulaciones del tarso de la pata trasera. La amplitud de movimiento de las articulaciones de las extremidades posteriores muestra que la articulación de la cadera se somete a 30 ° de cambio angular.

3.4.3 El galope

El galope es una marcha asimétrica utilizada para la locomoción de alta velocidad. Hay dos patrones de galope en el perro: el galope transversal similar al modelo utilizado por el caballo, y el galope giratorio, que parece ser el preferido por el perro

y que en el caballo hace referencia a un galope cruzado ⁶. El perro puede sostener el galope a dos velocidades. El galope lento, conocido como un galope o Lope, representa un modo de andar que puede ser sostenido fácilmente durante un largo período de tiempo. Es una forma de ejercicio aeróbico sub-máximo en el que la glucólisis aeróbica contribuye a la potencia total del perro durante la carrera. El galope más rápido se puede mantener durante períodos cortos debido a la contribución de la glucólisis anaeróbica durante intensidades de ejercicio que son mayores que el ejercicio aeróbico máximo puede sostener ¹³. Durante el galope en el perro, la duración en la fase de apoyo disminuye y la duración de la fase de oscilación aumenta con respecto al paso o al trote.

Figura 4: Muestra de galope transversal

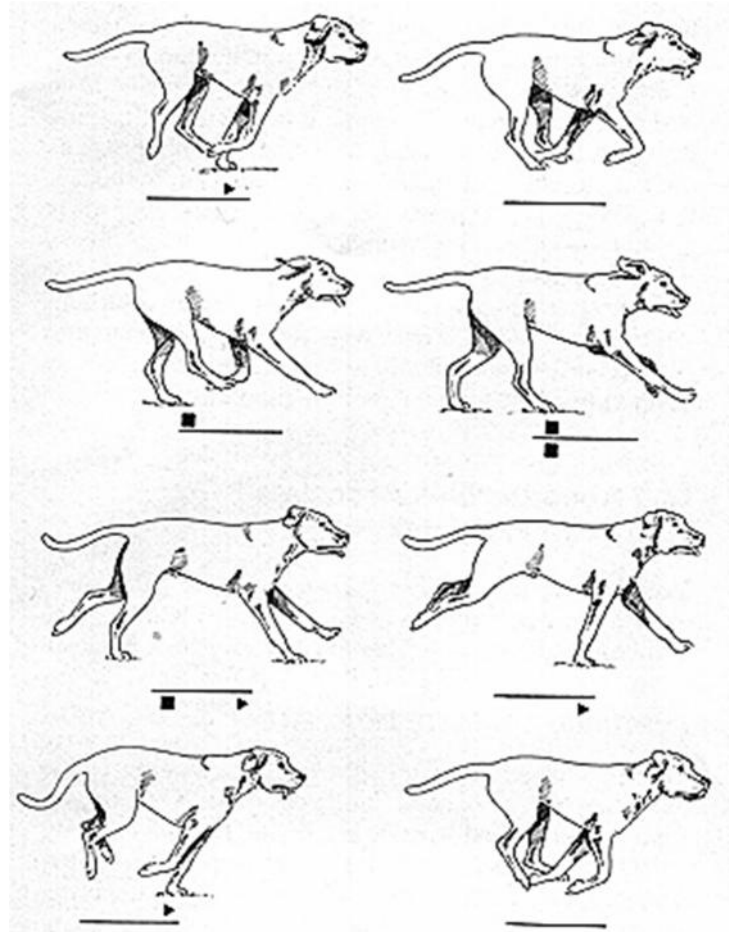


Fuente: Normal And Abnormal Gait - Chapter 91 - David M. Nunamaker, Peter D. Blauner - http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter_91/91mast.htm

⁶ Howell AB: Speed in Animals. New York, Hafner, 1944

¹³ Fedak MA, Seeherman HJ: Reappraisal of energetics of locomotion shows identical cost in bipeds and quadrupeds including ostrich and horse. Nature 282:713, 1979

Figura 5: Muestra de galope rotatorio



Fuente: Normal And Abnormal Gait - Chapter 91 - David M. Nunamaker, Peter D. Blauner - http://cal.vet.upenn.edu/projects/saortho/chapter_91/91mast.htm

3.5 TIPOS DE PRÓTESIS

Las prótesis son acordes a la enfermedad o lesión a tratar en el canino, se rigen por sus características físicas como lo son: su peso, tamaño, raza, edad, hábitos etc. Así mismo son fabricadas en diversos materiales, pero los que predominan son los plásticos reforzados, para prótesis económicas y que no requieran una resistencia muy elevada, y las prótesis en fibra de carbono, las cuales poseen un costo mucho más elevado pero su resistencia y confiabilidad son muy superiores.

Como se mencionó anteriormente, las enfermedades más comunes entre perros de raza grande son las displasia de cadera, displasia de rodilla y afecciones a la zona lumbar, mientras que en las razas pequeñas esta la displasia de codo, y enfermedades del tórax y espalda. También es común, el padecimiento de algún trastorno o accidente en el musculo del carpo, que se puede presentar incluso en los primeros meses de vida en el cachorro. Ejemplos de las prótesis usadas en casos como los ya mencionados son:

Figura 6: Ejemplos de prótesis

a). Reemplazo de miembro posterior, b). Corrección nervio radial, c). Protección y corrección articulaciones tibio-tarsianas, d). Tratamiento en luxación de paleta y ligamento cruzado, e). Lesiones en el tendón de Aquiles, ofrece mayor estabilidad y fortaleza.



Fuente: OrthoPets' -<http://www.orthopets.com/opie.htm>

Las “sillas de ruedas para perros poseen una amplia gama de formas y diseños, la mayoría de ellos son caseros y no han sido sometidas a estudios pertinentes a su correcto funcionamiento. Sin embargo, eso no quiere decir que no funcionen o que no logren sacar de algún apuro a un dueño de mascota que esté sufriendo, sin embargo, como ya se resaltó, no son recomendables por el hecho de poder generar daños colaterales en el animal.

Algunos de los ejemplos de sillas de ruedas caseras son:

Figura 7: Ejemplos sillas de ruedas para perros elaboradas de manera casera.



Fuente: Silla de ruedas para perros - <http://www.taringa.net/posts/mascotas>

La silla de ruedas que se mencionó en el estado del arte, y se le conoce como el “Ferrari” de su género, fue creada por el diseñador industrial israelí, Nir Shalom y se

presentó en la Semana de Diseño de Milán 2011. Al igual que la mayoría de las invenciones, empezó con una necesidad, la cual en este caso fue la de ayudar a un joven perrito llamado Hoppa, que nació sin sus patas delanteras y pertenecía a Avi Kuzi, amigo de Shalom. Tras numerosos estudios, Shalom diseñó y mejoró poco a poco una “silla de ruedas” que le permitían a Hoppa desplazarse con facilidad. Al completar el modelo de Hoppa, diseñó lo que se conoce como “amigo”, que es la silla de ruedas mejorada y expuesta por Shalom, la cual suple las necesidades de desplazamiento y confort requeridas para cualquier can con problemas en sus miembros posteriores. Sin embargo, el fuerte de esta silla, radica en su diseño innovador que le permite a la mascota descansar, subir y bajar escaleras a su gusto, y levantarse por sí mismo y retomar la marcha (solo en razas medianas y pequeñas). Además está elaborada en aluminio y plástico reforzado que le permite ser muy ligera y resistente, como se puede observar en las imágenes a continuación.

Figura 8: Silla de ruedas “Amigo”



Fuente: “Amigo”, la prótesis con ruedas que tu perro se merece - <http://blogs.lainformacion.com/>

4. METODOLOGÍA

El objetivo del proyecto es diseñar, fabricar y parametrizar una “silla de ruedas” para caninos, que permita mejorar la calidad de vida de aquellos que poseen algún problema en sus miembros posteriores. Se busca mejorar las cualidades de las prótesis de este género, ya existentes, y al mismo tiempo incentivar el desarrollo de tecnología y estudios de alto nivel en la nación, así mismo, brindar soluciones viables a todas aquellas personas que se preocupan por la salud de su mascota, sin la necesidad de acudir a especialistas o importar prótesis.

4.1 FASE 1 – ANÁLISIS DE NECESIDAD

Se procederá a realizar un análisis de la marcha canina, con el fin de determinar que cargas y esfuerzos se ejercen en cada extremidad al caminar. Con los datos obtenidos se puede estimar que carga ha de suplir la “silla de ruedas”, fijando de esta manera rangos de diseño y fabricación.

De las razas estudiadas pastor alemán, golden retriever y labrador retriever, se elige un espécimen, se toman las medidas con las cuales se va a trabajar, se buscan semejanzas entre estas razas, se hace un filtro de esta información, para ser tenida en cuenta en la parametrización.

4.2 FASE 2 – PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS VIABLES

Con los datos recogidos, se procede a contemplar posibles soluciones, fijando rangos entre cargas y esfuerzos máximos y mínimos, tamaño de la prótesis, determinación de las restricciones del modelo desarrollado, fijando un abanico de materiales factibles de utilizar en la fabricación. Durante los pasos previos al diseño es de vital importancia prever problemas o conflictos con los rangos y datos tomados.

4.2.1 Determinación de cargas y esfuerzos

Teóricamente, el 60% del peso corporal del animal cuadrúpedo corresponde a la parte anterior del animal (debido al peso de la cabeza), y el 40% a la posterior, por ende la silla de ruedas ha de soportar una carga equivalente al 40% del peso en el canino. Sin embargo, la fuerza que soporta cada “pata” trasera del perro es superior a su peso, debido a que el perro camina con los miembros posteriores flexionados, teniendo que considerar siempre los ángulos que se forman con la flexión del miembro⁴.

4.3 FASE 3 – DISEÑO DETALLADO

Una vez seleccionada la opción viable se procede a realizar todos los cálculos de cargas y esfuerzos que se requieran, para su posterior modelamiento y simulación de cargas en software CAD, CAE. Con la selección de raza y las medidas tomadas al can elegido, se procede a la parametrización del modelo ya realizado.

4.3.1 Parametrización

Se definen modelos de comportamiento de las variables que inciden en el diseño que no están fijos sino que son variables por parámetros dependiendo del caso, pueden adaptarse a las exigencias de cada raza.

4.3.1.1 Identificación de variables de diseño y parámetros

Entre otras variables, que deben ser tenidas en cuenta para que el modelo sea funcional en diferentes razas son:

Medidas anatómicas, peso del animal, materiales a utilizar, tipo de lesión, ambiente en el que será utilizada la prótesis, etc.

⁴ Roberto Rodríguez Ricco. TRAUMATOLOGÍA Y ORTOPEDIA. Universidad Mayor de San Simón Cochabamba – Bolivia. Recuperado de <http://www.traumatologiaveterinaria.com/articulos/docs/biomecanica.pdf>

4.4 FASE 4 – FABRICACIÓN

Aun no se ha estipulado de qué manera se piensan desarrollar las piezas de la prótesis, ni los materiales idóneos para la misma, es de vital importancia escoger acertadamente los procesos de fabricación adecuados, pues de ellos depende en gran manera la calidad y precio que ha de adquirir la prótesis terminada.

La fabricación debe tener en cuenta el bienestar físico de la mascota, es decir que su uso permanente no le produzca efectos colaterales como “ulceras por presión” o “escaras”, suministrando información del uso correcto de la prótesis para evitar mayores lesiones a través de manuales informativos en el que se ilustre los cuidados, el mantenimiento, la supervisión del amo a la mascota, lo que se debe y no se debe realizar con respecto a la prótesis, etc.

4.5 FASE 5 – VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para probar el correcto funcionamiento de la prótesis fabricada, se ha de buscar un canino que cumpla con las características y dimensiones de la misma, y posea algún tipo de enfermedad que afecte sus miembros posteriores, impidiéndole su normal movilidad. Por último el análisis de resultados es la herramienta óptima para evaluar si la prótesis logro lo estimado.

5. CRONOGRAMA

ACTIVIDAD	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Fase 1 – Análisis de necesidad																								
* Análisis marcha canina	█	█	█																					
* Cargas en extremidades				█																				
* Pre – selección de razas					█	█																		
Fase 2 – Planteamiento de alternativas viables																								
* Cargas y esfuerzos máx. – min.							█	█																
* Selección candidatos de razas								█	█															
* Abanico de posibles materiales de fabricaci.										█														
Fase 3 – Diseño Detallado																								
* Modelado en software CAD, CAE											█	█	█	█	█	█								
* Simulación cargas y esfuerzos																█	█							

6. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN

6. 1.PRESUPUESTO

El presupuesto del proyecto se toma desde dos aspectos: materiales y servicios a utilizar para la fabricación, y los administrativos:

La tabla 1, muestra los materiales y servicios que de manera general se pretenden usar para el diseño y fabricación de la “silla de ruedas”

MATERIALES Y SERVICIOS				
ÍTEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR	SUBTOTAL
1	Materiales de Construcción (resinas, plástico reforzado Aluminio etc.)	1	\$ 300.000	\$ 300.000
2	Software SolidWorks 2013 y Ansys 14.0 (Licencia universitaria)	1	\$ 2.000.000	\$2.000.000
3	Trabajo en centro de mecanizado (por hora)	5	\$ 500.000	\$ 500.000
Total =				\$ 2.800.000

Tabla 1: Materiales y servicios requeridos en la fabricación de la prótesis.

RECURSOS ADMINISTRATIVOS				
ÍTEMS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR	SUBTOTAL
4	Transporte	1	\$ 200.000	\$ 300.000
5	Administración y papelería	1	\$ 150.000	\$ 150.000
Total =				\$ 450.000

Tabla 2: Recursos administrativos.

6.2. FUENTES DE FINANCIACIÓN

Los ítems 1, 4 y 5 serán suministrados por el autor del proyecto. De la tabla 1, los ítems 2 y 3, son recursos que la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, sede Tecnológica, tiene disponibles para la comunidad académica. Sin embargo, se hace necesario determinar los costos que asume la universidad al brindar estos servicios.

BIBLIOGRAFÍA

ANGÉLICA ORTEGA VÁSQUEZ, (2011). MEDICINA VETERINARIA. UNIVERSIDAD DE LA SALE - CLÍNICA VETERINARIA DOVER. Rescatado de <http://www.slideshare.net/angelik6/sa-polly>

John Foster, BVSC, CertVOphthal, MRCVS, (1996). Hip dysplasia in Dogs BVA Animal Welfare Foundation for the British Veterinary Association (Canine Health Schemes). Rescatado de http://www.pop.sellingsunshinebook.com/hip_dysplasia_owners_guide.pdf

Gail K. Smith, VMD, PhD Philipp D. Mayhew, (2001). Evaluation of risk factors for degenerative joint disease associated with hip dysplasia in German Shepherd Dogs, Golden Retrievers, Labrador Retrievers, and Rottweilers. Journal of the American Veterinary Medical Association. Rescatado de <http://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/javma.2001.219.1719>

Randi M. Gold, VMD; Thomas P. Gregor, BS; Jennifer L. Huck, DVM; Pamela J. McKelvie, VMD; Gail K. Smith, VMD, PhDe, (2009). Effects of osteoarthritis on radiographic measures of laxity and congruence in hip joints of Labrador Retrievers. Rescatado de <http://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/javma.234.12.1549>.

Tokuriki M. (1973). Electromyographic and joint mechanical studies in quadrupedal locomotion: I. Walk. Jap J Vet Sci 35:433.

Tokuriki M. (1973). Electromyographic and joint mechanical studies in quadrupedal locomotion: II. Trot. Jap J Vet Sci 35:525.