



DISEÑO DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE UN
DISPOSITIVO PROSTÉTICO
PARA CANINOS CON
TENENCIA RESPONSABLE
EN SANTIAGO.

Memoria de Título
EDUARDO VÁSQUEZ CARBONELL

FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE



DISEÑO DEL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE UN DISPOSITIVO
PROSTÉTICO PARA CANINOS CON
TENENCIA RESPONSABLE EN SANTIAGO

Memoria de Título
Eduardo Vásquez Carbonell

Santiago de Chile
2021.

Se presenta la siguiente Memoria de Proyecto de Título a la Facultad de Arquitectura y urbanismo de la Universidad de Chile para optar al **Título de Diseñador Industrial.**

Facultad de Arquitectura y Urbanismo
de la universidad de Chile.

DISEÑO DEL PROCESO DE
**FABRICACIÓN DE UN DISPOSITIVO
PROSTÉTICO PARA CANINOS CON TENENCIA
RESPONSABLE EN SANTIAGO.**

PROFESOR GUÍA
René Perea Morales

Memoria de Título
Eduardo Vásquez Carbonell

Santiago de Chile
2021



Fotografía
Fuente: <https://www.pexels.com/photo/close-up-photo-of-dog-showing-tongue-1089375/>

Les debo la vida a mi mamá, a mi hermana, a mi papá, a mi tío, a mis amigos y a quienes se han presentado en mi vida para enseñarme a ser mejor y aprender de mi mismo.

Los amo muchísimo.



ÍNDICE

ABSTRACT	10	MARCO TEÓRICO	MARCO METODOLÓGICO	RESULTADOS	42
INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL	12	Capítulo 1 Caninos y santiago	Generalidades	DISCUSIÓN	56
TEMA, PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS.	14	Nociones Biológicas	Diseño de la Investigación	CONCLUSIONES	58
		Nociones Biomecánicas	Enfoque de la Investigación	GLOSARIO	60
		Tenencia Responsable	Población de Estudio	ANEXOS	62
		Capítulo 2 Impresión 3d y el diseño protético	Muestra y Muestreo	BIBLIOGRAFÍA	82
		Posibilidades y Limitaciones	Técnicas de recolección de datos	AGRADECIMIENTOS	86
		Requisitos biomecánicos para utilizar una prótesis	Instrumentos de recolección de datos		
		Capítulo 3 Perspectivas teoricas de fabricación y diseño	Técnicas de procesamiento de datos		
		Análisis de las 4 Causas Aristotélicas	Herramientas de procesamiento de datos		
		El proyecto de Diseño desde la Biónica	Softwares Utilizados		
		Requerimientos de Diseño Ortoprotésico			
		Matriz Híbrida			
		Design For Manufacturing			

ABSTRACT

La presente memoria de título corresponde a la continuación de la investigación realizada en el IBM. Se decidió utilizar los requerimientos de diseño orto-prostéticos para caninos con tenencia responsable en Santiago en pos de diseñar una propuesta de proceso de fabricación mediante el cual se pueda generar un dispositivo protético que sea ad hoc a las necesidades de los caninos amputados de la capital. Se decidió que dicho proceso de fabricación estaría basado en la impresión 3d, por su asequibilidad, accesibilidad, versatilidad y capacidad de optimizar el proceso de fabricación. Como método práctico para comprobar la eficacia de la anterior propuesta productiva, ésta fue evaluada a través de un caso práctico, generando un dispositivo protético para Luna, canina con Tenencia responsable usuaria de prótesis hecha a medida. La eficacia del proceso productivo resultante fue evaluada a través de la comparación de horas necesarias para su diseño y fabricación, además de la cantidad de procesos necesarios para su elaboración, por otro lado, el producto resultante fue evaluado en conjunto con un fisiatra veterinario experto en el área, para asegurar su calidad y seguridad en su uso.

PALABRAS CLAVE

DISEÑO FABRICACIÓN PROSTÉTICO CANINO FABRICACIÓN DIGITAL

INTRODUCCIÓN E INFORMACIÓN GENERAL

CONTEXTUALIZACIÓN Y OPORTUNIDAD DE DISEÑO

De acuerdo con el Dr. Herrera, *“la principal causa por la que un perro es amputado es resultado de una acción u omisión humana”* (Herrera, 2021). Esto debido a que la única causa natural (y la menos común) por la que es necesario proceder con una amputación en un canino es el cáncer en la médula ósea. Por otro lado, las razones más comunes son las mutilaciones deliberadas o accidentales, el abandono y los traumas por atropello. Por ende, el problema de la amputación canina es un problema que mayormente es ocasionado por humanos.

De los 3.6 millones de caninos que existen en Chile, 1.3 Millones se encuentran en Santiago y sólo 773 mil se encuentran bajo tenencia responsable, es decir, se encuentran en concordancia con los parámetros de la Ley de Tenencia Responsable de Mascotas (SUBDERE, 2017), dando como resultado que Santiago concentre la mayor población de caninos en Chile, además albergando a las 7 comunas con mayor cantidad y densidad canina a nivel nacional. (Anexo “1”). Dichas comunas, con la excepción de Santiago Centro, se ubican en la periferia de la capital, principalmente en la zona sur poniente. Éstas de acuerdo con la segmentación socioeconómica realizada por el SII en 2018 (Anexo “2”), se encuentran en el estrato medio bajo, dato que se condice con el bajo presupuesto destinado para el cuidado de las mascotas de dichas comunas según la encuesta “Los Chilenos y las Mascotas”, Adimark, 2018.

Dada la situación anteriormente descrita es que Santiago se presenta como una oportunidad de diseño importante para la prótesis veterinaria asequible. En concordancia con lo anterior está que, en promedio el 75% de los dueños de la región metropolitana ha demostrado interés en mantener el cuidado de sus mascotas, complementado este hecho está que el 70% de ellos lleva al veterinario a su mascota constantemente (Anexo “3”).

Es por ello que en la presente memoria de título, se exploró ¿Cómo a través de los procesos de fabricación y el Diseño, se puede mejorar un producto y hacerlo más asequible a la comunidad?, esto debido a que se decidió desarrollar la capacidad productiva de los requerimientos anteriormente levantados, utilizándolos para dar forma a una solución proyectual que permita que perros amputados puedan optar por una mejor calidad de vida a la vez que sus dueños puedan acceder a dicha posibilidad.

Además, se abre la oportunidad de explorar la capacidad que tiene el diseño de entender una problemática local, tomar de referencia como ésta ha sido resuelta en el extranjero y generar una solución que conceptualmente responda y dé sentido (aristotélicamente hablando) al problema encontrado, dando un uso social al diseño, disponiéndose al servicio de la comunidad.

TEMA, PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN Y OBJETIVOS

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cómo se puede optimizar el proceso de diseño y fabricación de un dispositivo protético para caninos con tenencia responsable en Santiago?

OBJETIVO GENERAL

Optimizar el proceso de diseño y fabricación de un dispositivo protético para caninos con tenencia responsable en Santiago.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

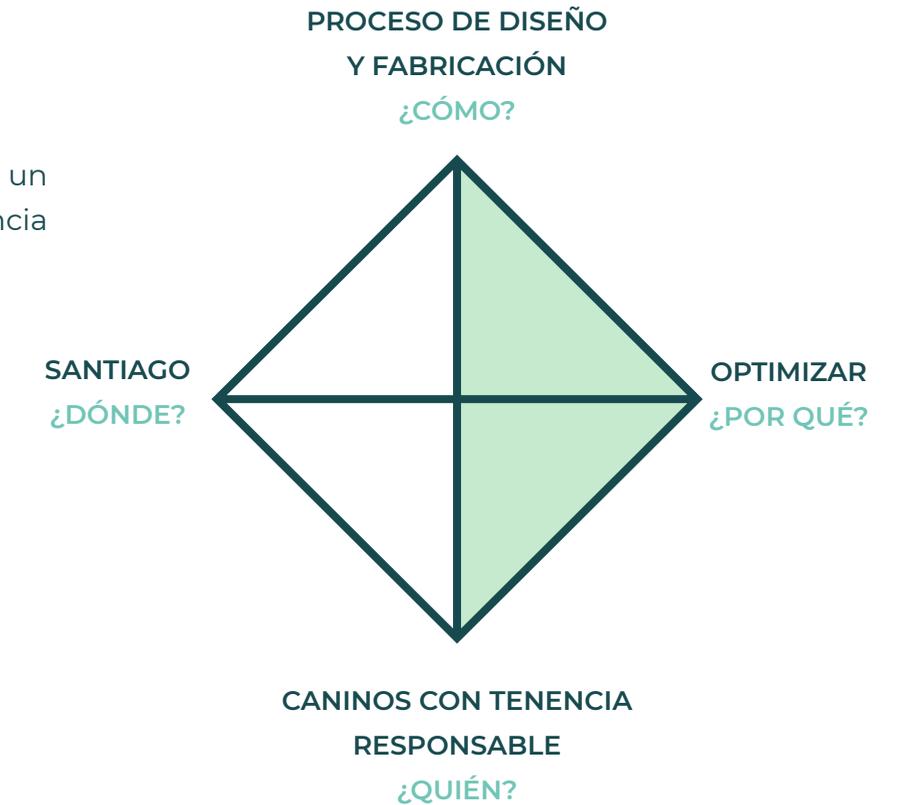
1 / Mejorar los procesos de elaboración del dispositivo.

2 / Establecer un proceso eficiente de fabricación del dispositivo.

3 / Fabricar un dispositivo protético alfa.

4 / Comparar el tiempo y procesos de fabricación de prótesis 3D alfa v/s actual artesanal.

PROCESO DE DISEÑO Y FABRICACIÓN



Esquema 1

Proceso de Diseño y Fabricación.

(Fuente: Autoría Propia).

MARCO TEÓRICO

Capítulo 1 Caninos y Santiago

NOCIONES BIOLÓGICAS

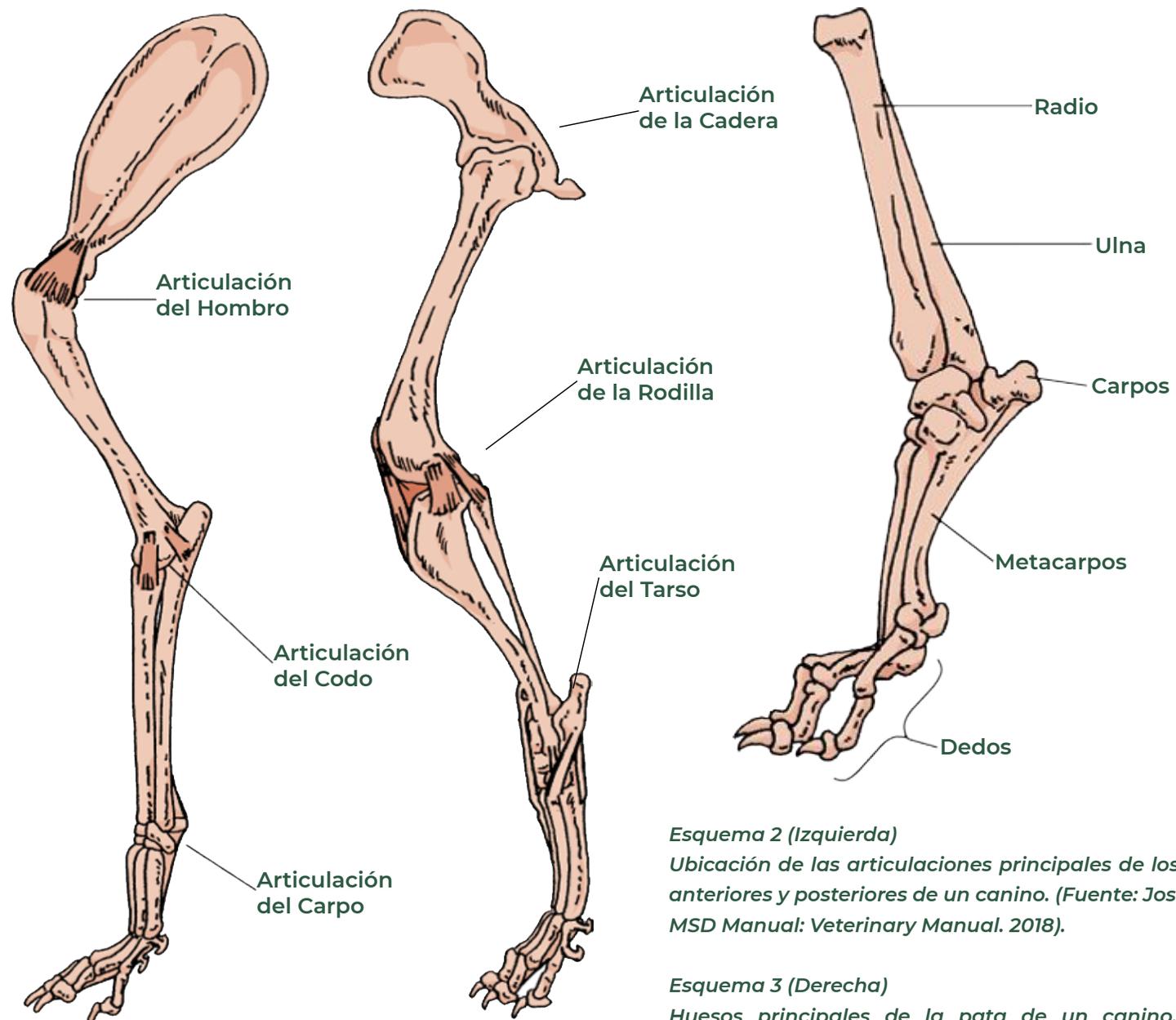
En un canino saludable, miembros anteriores y posteriores cumplen la función de soportar la masa del animal y permitir que este se pueda desplazar a voluntad, con la distinción de que sus miembros anteriores soportan su masa y los posteriores se dedican a generar tracción, *“Un canino, cuadrúpedo balancea el 59.8% de su masa corporal sobre sus miembros anteriores y el 39.2% en sus extremidades posteriores”* (Kirpensteijn et al., 2000; Hoky et al., 2013; Jarvis et al., 2013; Fuchs et al., 2014; Goldner et al., 2015).

Cualquier cambio en la estructura anteriormente mencionada, provoca que existan esfuerzos compensatorios, los cuales infructuosamente buscan devolver el centro de masa del animal a su cruz (unión de del eje meridional del canino con la línea perpendicular de sus hombros), dañándolo en el proceso. *“Estos movimientos a largo plazo disminuyen la capacidad del canino para desplazarse, lesionando articulaciones, músculos y la integridad de su espina dorsal”* (DeCamp, 1997; Kirpensteijn et al., 2000; Landman et al., 2004; Bockstahler et al., 2009; Prinsen et al., 2011; Abdelhadi

et al., 2013; Hoky et al., 2013; Jarvis et al., 2013; Fuchs et al., 2014; Goldner et al., 2015).

Por lo anterior, es que cualquier paciente que se encuentre tripedestado (en 3 patas), tendrá tendencia a desarrollar patologías asociadas al desgaste del tejido miofascial (tejido conectivo que protege al músculo), estos efectos se manifiestan externamente en que el paciente expresará dolor a través de llantos y alteraciones en su comportamiento, por ello es que se tratan los síntomas durante el tiempo que el canino pueda soportar, siendo el resultado más común en estos casos la prematura eutanasia. (Zink, Van Dyke, pag. 276. 2018).

En un estudio dedicado a investigar el grado de adaptación a la locomoción trípoda, realizado por Kirspejtain en 1979, se demostró que el 95,4% de los caninos estudiados (42 de 44) lograron un grado de adaptación exitosa. Sin embargo, en un estudio posterior, en dónde caninos con alguno de sus miembros anteriores amputados fueron sometidos a pruebas de balance, se descubrió que éstos balanceaban el 46.6% de su masa total en el miembro anterior restante, concluyendo *“que la amputación en miembros anteriores afecta de manera importante el paso de marcha de un canino”*. (Kirpensteijn et al., 2000).



Esquema 2 (Izquierda)
Ubicación de las articulaciones principales de los miembros anteriores y posteriores de un canino. (Fuente: Joseph Harari. MSD Manual: Veterinary Manual. 2018).

Esquema 3 (Derecha)
Huesos principales de la pata de un canino. (Miembro anterior). (Fuente: Joseph Harari. MSD Manual: Veterinary Manual. 2018).

NOCIONES BIOMECÁNICAS

Antes que todo, es menester mencionar los conceptos básicos involucrados en la biomecánica y movimiento articular de un canino.

(F) Force/ Fuerza.

$F=MA$ La fuerza, es el producto de la masa (M) por la aceleración (A)

(Mo) Momentum.

$Mo=FD$ El momento es el producto de la fuerza (F) y la distancia perpendicular (D) desde el punto de origen del vector GRD (es decir el piso) hasta el punto de pivoteo (La articulación).

El momento de inercia, es la tendencia que tiene un cuerpo a rotar alrededor de un eje. La fuerza que produce esta rotación puede ser externa (como la gravedad) o interna, (como los movimientos de los músculos y articulaciones.)

(TBF) Total Body Force/ Fuerza total del cuerpo.

Es la sumatoria de todas las fuerzas gravitacionales (verticales) e inerciales (horizontales) que se ejercen en el centro de masa del canino. El vector del TBF termina en dónde el esqueleto del canino toque el piso. Para propósitos prácticos se utiliza la cruz y la cadera como puntos de referencia.

(GRD) Ground Reaction Force/ Fuerza de Reacción del Piso.

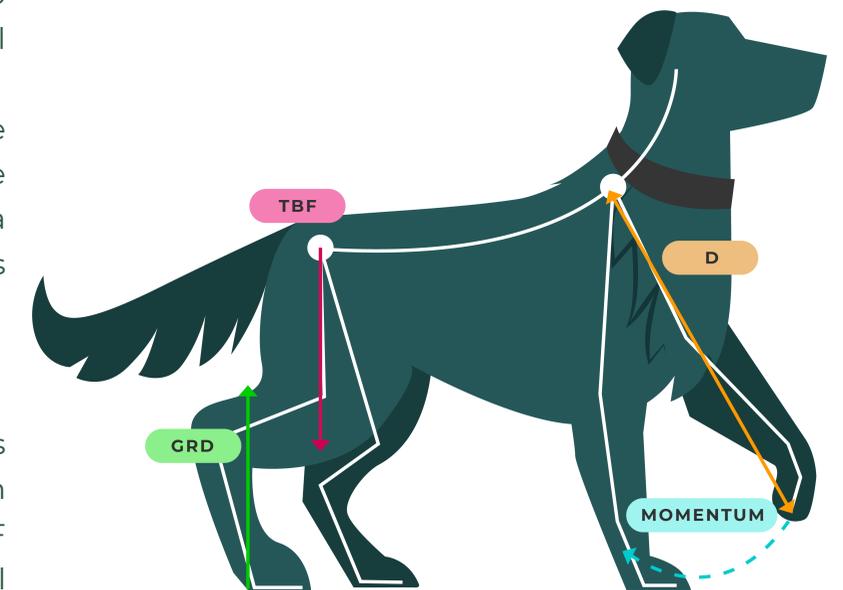
Es la fuerza idéntica y opuesta a la TBF, que es ejercida por el piso durante cualquier fase del balanceo de la masa del canino.

Palanca/ Lever Arm.

Distancia perpendicular desde el eje de rotación hasta el punto en dónde se ejerce la fuerza. (En un canino, es su pata)

(T) Torque.

Unidad de medida de la fuerza de giro de un objeto.



Esquema 4
Visualización de las fuerzas presentes en la marcha de un canino. Los puntos rojos de izquierda a derecha representan la articulación de la cadera y el hombro, desde dónde se es

balanceada la masa del canino. TBF y GRD, siendo fuerzas idénticas opuestas condiciéndose con la tercera ley de Newton, D, la distancia entre el fulcro (articulación del hombro) y el final de la palanca, el Momentum el movimiento de rotación alrededor del hombro (midiendo la magnitud de este movimiento en torque, que es la fuerza con la que este movimiento se realiza). (Fuente: Autoría propia).

“El Objetivo de la rehabilitación es restaurar y preservar el máximo grado de independencia de acción y funcionalidad” (Geertzen, 2001), en cuanto a los pacientes veterinarios, “un objetivo adicional es también prolongar todo lo posible una buena calidad de vida y prevenir la eutanasia prematura” (Zink, Van Dyke, pag. 275, 2018).

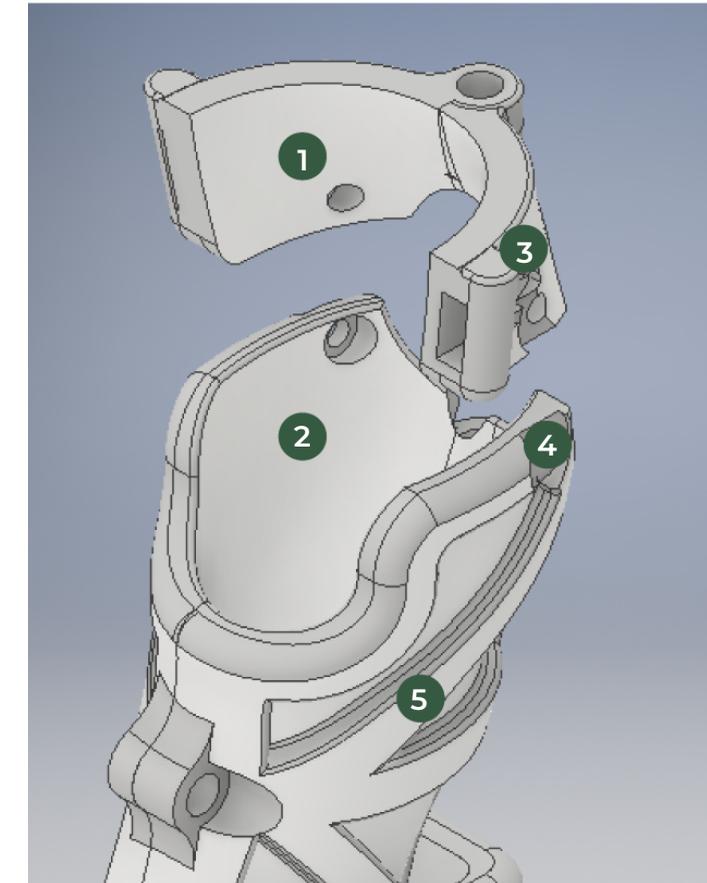
“Caninos amputados en un miembro anterior presentan modificaciones en la estructura biomecánica de su columna vertebral, el hueso del carpo, la cadera y la articulación de la rodilla.” (Jarvis et al., 2013). Además de esto, se observó la degradación de los cartílagos en los miembros restantes debido a la sobrecarga de acción rotatoria generada en la marcha y en la hiperextensión del carpo en posturas de reposo. Es en base a esto, que se concluyó que la demanda muscular compensatoria generada por el desbalance frente a la ausencia de un miembro, eleva las posibilidades de que el canino sufra una lesión musculoesquelética.

Un dispositivo protésico, crea la oportunidad para que un canino incapacitado genere movimiento

rotatorio con su muñón y pueda desplazarse de manera independiente y equilibrada, de esta forma combatiendo los problemas que comúnmente están asociados a la falta de momentum interno en un paciente (es decir, la incapacidad de generar movimiento por sus propios músculos), tales como la hiperextensión del carpo, hipercallosidad derivada de lesión por cizalla, lesión en el tendón de aquiles, entre otras. Todas situaciones que evitan que el miembro restante posea la integridad músculo esquelética necesaria para operar normal y autónomamente.

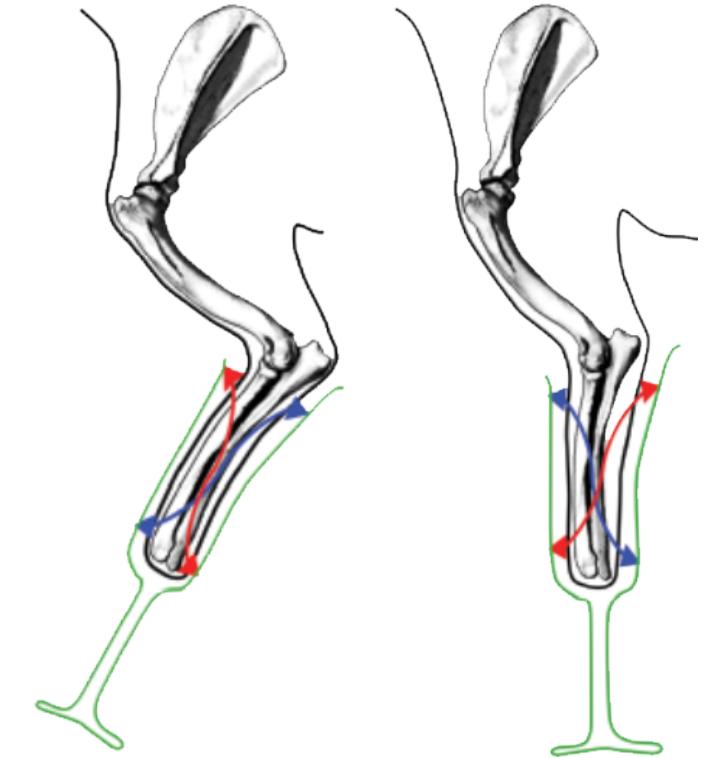
Dicho dispositivo posee un área en la que acoge al muñón del canino denominada como “socket protésico”, la cual es una cavidad cóncava en la cual el muñón puede ser vinculado al canino, esta cavidad se encuentra recubierta con un film acolchado o una calceta de algodón, la cual busca inmovilizar el muñón dentro del socket para evitar el roce, al mismo tiempo que acolchar, generar confort en el canino al usarlo y finalmente absorber parte de los impactos que dicha extremidad pueda recibir. El canino, controla el dispositivo, utilizando su muñón como una palanca. Esta palanca utiliza el punto distal (más alejado del cuerpo) y proximal (más cercano al centro del cuerpo) del muñón, en contacto con los bordes internos del socket, para de esta forma, generar torque y momento de inercia en el dispositivo y manipularlo a voluntad.

Socket Protésico



- 1 / Acolchado Interior Superior
- 2 / Acolchado Interior Inferior
- 3 / Carcasa Superior
- 4 / Bisagras Ortopédicas
- 5 / Carcasa Inferior

Esquema 5
Vista para indicar partes del Socket Protésico.
(Fuente: Autoría propia).



Esquema 6
Movimiento de un dispositivo protésico en la extremidad anterior de un canino.
En azul se muestran los puntos distales y proximales del muñón, que entran en contacto con la cara interior del socket, en rojo son las fuerzas de igual magnitud ejercidas por el socket al muñón, las cuales permiten ejercer palanca y permitir el movimiento. (Fuente: Canine Sports Medicine and Rehabilitation, pag. 272. Zink, Van Dyke. 2018).

TENENCIA RESPONSABLE

Se le denomina así a cualquier mascota que se encuentre en cumplimiento con la 12.020 de Tenencia Responsable de Mascotas, es decir que se encuentre inscrito con implantación de chip subcutáneo, mantención sanitaria y la responsabilidad legal de un dueño ante él. (Biblioteca Nacional del Congreso de la República). Por otro lado, un canino que tenga dueño, se encuentre inscrito pero posea acceso total o parcial a la vía pública se le denomina como callejero y aquel que no tenga dueño ni inscripción como vagabundo.

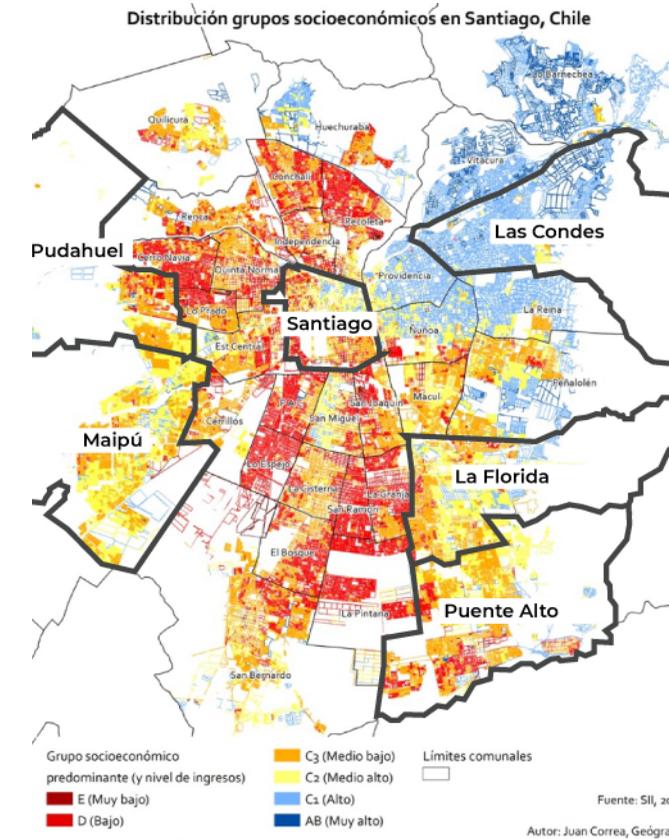
Cómo se mencionó anteriormente, Santiago es el foco principal tanto en población como densidad canina a nivel nacional. Albergando al 36.6% de ella. (SUBDERE, 2017). Sin embargo, su distribución en cantidad y concentración cambian a lo largo de la ciudad, poblando mayormente comunas periféricas, con la excepción de Santiago Centro.

Las 6 comunas de Santiago con más caninos inscritos en el registro nacional de mascotas, en orden de cantidad son: Puente Alto, Maipú, La Florida, Pudahuel, Las Condes y Santiago Centro. (SUBDERE, 2019). Si bien Puente Alto es la comuna con más caninos inscritos, Santiago Centro es aquella con su mayor concentración (caninos/km²), consecutivas a ella en este ámbito están Puente Alto y La Florida.

Cabe mencionar también que Santiago centro es la comuna en donde existe la mayor población de caninos vagabundos.

La segmentación de las comunas antes mencionadas, (de acuerdo con el SII en 2018), se encuentran a partes iguales entre C2 (medio alto), C3 (medio bajo) y D (Bajo), con la excepción de Las Condes (AB, Muy alto). De acuerdo con la encuesta realizada por Adimark “Los Chilenos y las mascotas”, publicada en agosto de 2018, un dueño promedio invierte \$24.478 mensuales en la mantención de su canino. (fluctuando esto entre los sectores AB, \$36.274 y D, \$20.032).

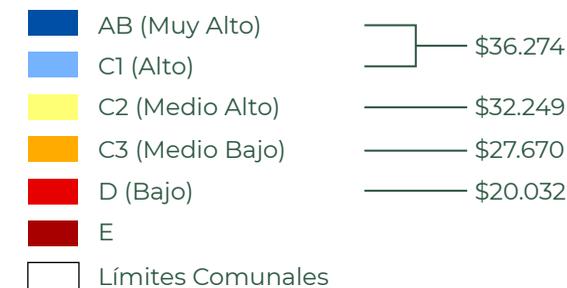
En concordancia con estos dos últimos datos y como bien se ve en el esquema 7, las comunas en situación crítica tanto en cantidad como a densidad canina, albergan a dueños con posibilidades económicas limitadas; De acuerdo con la encuesta “Experiencia Dueños de Perritos Amputados.”, realizada para la memoria de investigación anterior, después de las razones de índole biomecánica y anatómica, **la principal razón por la cual no se opta por una prótesis es debido al costo de los tratamientos que exceden las capacidades adquisitivas de los dueños.**



Gasto Promedio Mensual \$24.478

Gasto Promedio Anual \$293.736

Por Segmentación Socieconómica



Esquema 7

Distribución de los grupos socioeconómicos en Santiago, Chile vs Gasto mensual en la mantención de un canino por comuna.

(Fuente: “Los Chilenos y las Mascotas”, Adimark, 2018. SII, 2018. Autor Juan Correa, Geógrafo).

De acuerdo con los datos otorgados por la Dra. Catherina Gonzáles (fundadora y fisiatra en jefe del Centro de Kinesiología Veterinaria, CEKIVET, ubicado en Las Condes) y el Dr. Freddy Herrera (Traumatólogo y Protésista de la clínica de Neurología Veterinaria, NERVET, ubicado en Providencia). Los casos de amputación canina tratados en clínica son escasos. En promedio de dos a tres pacientes al mes, en el caso de las clínicas anteriormente mencionadas, de pacientes inscritos en el sector nororiente de Santiago. (registrados en La Dehesa, Las Condes, Vitacura y Providencia.)

CEKIVET posee un sistema de becas de atención para sus pacientes, con el objetivo de facilitar la recuperación de los caninos a sus dueños. A sabiendas en el medio, de que es un proceso que requiere una inversión económica importante.

En la clínica "Dr. Altamirano", ubicada en Cerro Navia, en procedimientos de amputación, dependiendo del caso, se es sugerida la eutanasia si las posibilidades de buena calidad de vida son escasas, de lo contrario, se intenta una recuperación tras la amputación, para una vida tripeda.

Si bien existe una buena posibilidad de que un canino se adapte a una vida tripedestada, esta adaptación es a costa de la salud e integridad física del cuerpo del paciente. Generando un desgaste

acelerado de su cuerpo, reduciendo su longevidad y calidad de vida. Existe la preocupación por parte de los dueños de brindar una buena calidad de vida a sus mascotas, sin embargo esta posibilidad suele estar fuera de las posibilidades adquisitivas de los dueños.

Capítulo 2 Impresión 3D y el Diseño Prostético.

La impresión 3D de escritorio se ha encontrado en un "boom" de popularidad en la última década, debido a que es una tecnología que, si bien no es nueva, cada vez se hace más "amigable" con aquellos que deseen incursionar en ella. Prueba de ello es que el *"mercado de la impresión tridimensional movió cerca de 7.000 millones de dólares el año pasado y que crecerá hasta los 17.200 millones en 2020, sobre todo en el sector aeroespacial, de la construcción, la salud y la automoción"* (Galindo, 2018)

Prueba de lo anterior mencionado, son las diversas incursiones que se han realizado en Iberoamérica en esta área, Tanto universidades como agrupaciones independientes en México, Ecuador, España y Argentina han desarrollado exitosa y sistemáticamente prótesis a través de la impresión 3D. (Anexo "4"). Por otro lado, en páginas especializadas en modelos CAD tales como

GrabCAD™, Thingiverse™, CGTrader™, Cults3d™ se han conformado comunidades en las cuales es común el intercambio de modelos 3D para su impresión (Incluyendo dentro de éstos, prótesis para animales). Cabe destacar también que, en Chile, "star-ups", como Calce han demostrado que el trabajo interdisciplinar en el área ortoprotésica, permite que se potencien las disciplinas entre ellas, pudiendo llegar a mejores resultados, y ultimadamente, otorgarle al paciente optar por una mejor calidad de vida.

POSIBILIDADES Y LIMITACIONES

Tradicionalmente la manufactura de una prótesis, se ha encontrado en manos de artesanos con alta habilidad en su oficio, puesto que son productos complejos, de morfología intrincada y que han de tener alta resistencia al uso. Dicho panorama, se cumple actualmente en Santiago, puesto que la manufactura actual de prótesis hechas a medida, se realiza principalmente a través de la laminación en fibra de carbono. El modelamiento e impresión 3D se presentan como una oportunidad para cambiar dicha situación.

'El diseño y modelado 3D están llevando el nivel de precisión de la artesanía a la precisión mecánica. Con los avances de los softwares CAD y las técnicas de fabricación modernas (...), se encuentran ventajas

en la fabricación que incluyen repetibilidad del diseño, simulación de esfuerzos y velocidad de fabricación". (Zink, Van Dyke, pag. 274, 2018).

Sin embargo, la mera habilidad de poder fabricar o diseñar un dispositivo no es suficiente para cumplir con los requerimientos biomecánicos necesarios para que una prótesis sea eficiente en su propósito, ya que *"La solución V-OP tiene el potencial de crear resultados favorables para el paciente, pero puede herirlo también. Por lo tanto, la aplicación de dichos dispositivos debe ser administrada por un veterinario competente y fabricada por alguien con amplio conocimiento en el tema"*. (Zink, Van Dyke, pag. 274, 2018).

"La fabricación de una solución prostética, requiere conocimiento de anatomía, kinesiología, biología y biomecánica. La única función del diseñador es modelar y fabricar un objeto (prótesis) que cumpla con los requerimientos estipulados por el veterinario. Una estrecha relación entre el veterinario que prescribe y el fabricante experto proporcionan el marco ideal de trabajo para una aplicación exitosa del V-OP¹ independientemente del método que se use para fabricar." (Zink, Van Dyke, pag. 274, 2018).

Tradicionalmente respecto a la materialidad, lo más común es la fibra de carbono laminada con resina epóxica (por su capacidad de tomar formas complejas con alta tenacidad) junto a componentes de acero (por su resistencia). Su fabricación consiste en laminar fibra de carbono sobre el molde hecho de yeso del muñón en cuestión, y añadir los componentes de acero (vínculo con el suelo), bisagras veterinarias de ser necesarias (producto existente en el mercado) y las fijaciones (usualmente correas con velcro). De acuerdo al Dr. Herrera, quien utiliza este proceso para su fabricación, “requiere mucho esfuerzo, tiempo y oficio, ha sido algo que he ido desarrollando con el tiempo en base a prueba y error” (Dr. Herrera, 2021).

La impresión 3D (en este caso, por deposición de material, ya que es la de uso más común) posee en su catálogo diversos materiales que están destinados a los esfuerzos mecánicos, sin embargo en cadencia de fabricación y resistencia, palidecen ante la fibra de carbono y el acero, en la capacidad que dichos materiales tienen de fabricar una prótesis con una morfología calcada del muñón. “La laminación con fibra de carbono excede a todos los otros materiales por su capacidad de crear formas complejas con el más alta proporción de resistencia/masa” (Tatar et al., 2014; Jagannatha & Harish, 2015).

Pese a lo anterior mencionado, por sus propiedades de replicabilidad, simulación de esfuerzos y cadencia

de fabricación, el diseño e impresión 3D siguen presentándose como una opción viable para fabricar una prótesis, siempre y cuando, la materialidad de ésta, se resuelva sin comprometer las funciones biomecánicas de la misma. En este caso la propuesta de valor del diseño, radica en saber leer y utilizar bien los materiales a disposición, enamarcándolos en la necesidad que se desea resolver.

¹ **V-OP** : Sigla en inglés denominada para nombrar a la industria destinada a la creación de prótesis y órtesis veterinarias (**Veterinary Orthoses and Protheses**)

REQUISITOS BIOMECÁNICOS PARA UTILIZAR UNA PRÓTESIS.

En Chile no existe un procedimiento estandarizado a seguir en el momento de enfrentarse a un caso que requiera un tratamiento protésico, sin embargo, si hay un protocolo de toma de moldes (desarrollado por el Dr. Freddy Herrera) y además existe una convergencia entre el antes mencionado veterinario, la Dra Catherina Gonzáles y el Dr. Ricardo Olivares (Magister en ciencias biológicas, mención en morfología, académico de anatomía en FAVET) sobre aspectos que hay que tener en consideración al momento de decidir si un canino es compatible con un dispositivo protésico o no.

1 / En el ámbito de salud, el paciente no debe de tener patologías que posean más urgencia o que puedan entorpecer el tratamiento de recuperación, de lo contrario el candidato será derivado a un profesional correspondiente para tratar dichos males y una vez solucionados, volver al tratamiento de recuperación.

2 / Se recomienda planear antes de la cirugía de amputación, si el paciente utilizará una prótesis, para de esta forma, estipular un procedimiento que contribuya a la utilización de un dispositivo protésico y no desarticule la articulación.

3 / El flujo de profesionales que deben revisar al canino son:

***Médico general:** Evaluación preliminar del paciente.

***Traumatólogo:** Diagnóstico de la situación de la lesión y determinar si es candidato de un dispositivo protésico.

***Fisiatra:** Recetar el tipo de terapia a seguir y el modo operatorio necesario para recuperar función.

***Kinesiólogo:** Llevar a cabo los ejercicios y procurar por la buena recuperación del paciente.

La terapia de recuperación tiene como objetivo **recuperar función**, es decir, lograr el mayor grado de independencia funcional en el paciente. Para ello se centra en 3 aspectos principales:

1 / Balanceo de la masa

Este aspecto busca que el canino vuelva a tener la confianza de volver a balancear su masa en el miembro amputado utilizando el dispositivo protésico. Para ello se utilizan balones medicinales, en función de ir logrando un incremento gradual en la confianza del animal en su dispositivo, así como ganar nuevamente el control de su propia masa.

2 / Tono muscular

Esta categoría, se relaciona a combatir la atrofia que pueda presentar un muñón, y a desarrollar y recuperar la mayor cantidad de tejido muscular dentro de éste. Mientras más musculatura en buen estado tenga, mejor control poseerá el canino por sobre su prótesis y mayores posibilidades tendrá de recuperar función. También ayuda a combatir lesiones en la articulación y trastornos musculares.

3 / Rango Articular

Este aspecto está centrado en recuperar elasticidad y movilidad en las articulaciones. También tiene como objetivo introducir al canino a su nuevo sistema de articulaciones, que se familiarice con ellas y a su fortalecimiento en general.

Éstas tres fases son abordadas mediante ejercicios, agentes físicos (Ej: Gel dérmico para masaje) y agentes medicamentosos (Ej: analgésicos, relajantes musculares, etc.). Todas estas herramientas para abordar el problema buscan siempre la reducción del dolor en paciente, siendo el nivel de dolor en él, el indicador principal de progreso para el kinesiólogo.

En una última fase, cuando el paciente ya está terminando las sesiones (de aproximadamente una hora y media), tiene que seguir practicando ejercicios con el dueño.

Biomecánicamente un dispositivo protético debe de estar equilibrado entre un cuerpo resistente que soporte las cargas aplicadas por el canino, resistiendo tanto las fuerzas externas (marcha, clima, suelos, líquidos, mordidas, rasguños), como las internas (esfuerzos derivados del sistema músculo esquelético del canino, para mover el dispositivo) sin comprometer la comodidad del paciente. Siendo coherente con la anatomía del canino, no provocarle dolor y permitir que éste lo sienta como una extensión de su cuerpo.

COMPATIBILIDAD ENTRE EL CANINO Y EL DISPOSITIVO PROTÉTICO

1 / EL PACIENTE NO DEBE DE TENER PATOLOGÍAS QUE POSEAN MÁS URGENCIA O QUE PUEDAN ENTORPECER EL TRATAMIENTO DE RECUPERACIÓN.

2 / SE RECOMIENDA PLANEAR ANTES DE LA CIRUGÍA PARA QUE CONTRIBUYA A LA UTILIZACIÓN DE UN DISPOSITIVO PROTÉTICO Y NO DESARTICULE LA ARTICULACIÓN.

TERAPIA DE RECUPERACIÓN

A TRAVÉS DE MEDICAMENTOS Y EJERCICIO.

OBJETIVOS

1 / LOGRAR UN INCREMENTO GRADUAL EN LA CONFIANZA DEL ANIMAL EN SU DISPOSITIVO PARA ASÍ BALANCEAR SU MASA EN EL MIEMBRO AMPUTADO.

2 / COMBATIR LA ATROFIA QUE PUEDA PRESENTAR EL MUÑÓN PARA RECUPERAR LA MAYOR CANTIDAD DE TEJIDO MUSCULAR.

3 / RECUPERAR ELASTICIDAD Y MOVILIDAD EN LAS ARTICULACIONES.

PROFESIONALES QUE DEBEN CHEQUEAR AL CANINO

MÉDICO GENERAL

TRAUMATÓLOGO

FISIATRA

KINESIÓLOGO



*Esquema 8
Resumen de requisitos biomecánicos para utilizar una prótesis.
(Fuente: Autoría propia).*

Capítulo 3 Perspectivas Teóricas de Fabricación y Diseño.

Para dar respuesta a los requerimientos necesarios para diseñar y fabricar un dispositivo protésico que responda de óptima manera a la problemática investigada en esta memoria, es menester definir conceptualmente cuáles son las directrices mediante las que se le buscará dar dicha respuesta:

ANÁLISIS DE LAS 4 CAUSAS ARISTOTÉLICAS

De acuerdo con Aristóteles, según García *“la sabiduría es una ciencia, es decir, conocimiento de ciertas causas y principios”* (García, J. p. 23 2016). Es bajo este paradigma que en su libro *Metafísica* (entendiendo a la metafísica como *“parte de la filosofía que trata del ser en cuanto tal, y de sus propiedades, principios y causas primeras”* (RAE) identifica la existencia de 4 causas o razones (Formal, Material, Motriz y Final) a través de las cuales es posible conocer un objeto y saber el por qué de su existencia:

1 / Causa Formal: Se refiere a la forma de un objeto y cómo este se relaciona con su esencia, con su materialidad, con lo que es y con su finalidad.

2 / Causa Material: Se refiere netamente a la materialidad de un objeto, a la materia de la cual está compuesto y hace el empalme hacia como al manejar la materialidad en su ámbito formal, se genera una forma coherente con la misma.

3 / Causa Motriz/Eficiente: Se refiere al motor de cambio que hace que las cosas sucedan, en el caso de los objetos, se refiere a la razón o finalidad por la cual el dicho objeto existe, que tan estrecha es la relación entre la causa de su existencia y el objeto mismo.

4 / Causa Final: Es el “sentido” de un objeto, es la estrecha relación entre las anteriores tres causas, que hacen que un objeto posea un sentido que se condiga con el fin hacia el cual este fue creado. Es la meta de la existencia de algo.

Utilizando esta base aristotélica en el estudio de los objetos, se puede realizar un análisis en el proceso de diseño, a través del cual se organizan todos aquellos insights de diseño, necesarios para llegar a una óptima solución objetual, manifestándose esta como la materialización armónica de las causas antes mencionadas en un objeto.

EL PROYECTO DE DISEÑO DESDE LA BIÓNICA

“La biónica es la asimilación de principios de ingeniería que se utilizan en sistemas naturales, y la aplicación de estos principios al diseño o mejora de sistemas tecnológicos” (Lodato 2000, p.47) es decir, *la capacidad de observar a la naturaleza, recoger las herramientas de diseño que está devela y utilizarlas para enfrentar un problema de diseño, tal como lo plantean Miralles y Giuliano “A estudios detallados de los sujetos naturales y sus interrelaciones, prosigue un proceso de abstracción, mediante el cual se pueden enunciar principios transferibles al ámbito de lo artificial ”* (Miralles y Giuliano, 2008).

En concordancia con lo anterior, es que es posible plantear a la Biónica, como una postura desde la cual, en base a referentes naturales, buscar la respuesta a la pregunta ¿De qué manera este problema es en esencia solucionado? (entendiendo a la “esencia” del problema de forma aristotélica). Di Bartolo y Montanari plantean que *“El diseñador biónico aplica constantemente, hacia la naturaleza, un tipo de reverse engineering. (...), la operación de traspaso del dominio natural al artificial es una especie de reinterpretación de la naturaleza que funda la relación de semejanza”* (Di Bartolo y Montanari, 2004, p.87).

“La biónica estudia y construye sistemas artificiales por analogía con los vivos, evita las sugerencias formales” (Di Bartolo, 2000), por ello dicho análisis ha de evitar la superficialidad en sus observaciones y ceñirse a abstraer la esencia de lo observado, dado que se busca *“comprender [las] relaciones estructurales, organizativas, funcionales, expresivas y económicas, además de aplicar métodos que sistematizan estas relaciones analógicas”* (Alarcón, 2003)

Desde el punto de vista metodológico, *“la perspectiva general sitúa a la biónica como una metodología capaz de impulsar sistémicamente el proceso de diseño.”* (Alarcón, 2020), en el sentido de apuntar a *“un doble movimiento. La observación y la recogida de datos en la investigación; y, la aplicación innovadora de aspectos formales, funcionales y estructurales, al momento del proyecto”* (Di Bartolo, 2000).



Esquema 9

Momento de Investigación a Momento de proyecto. “La definición de los principios de la biónica evita las sugerencias formales y apunta a un doble movimiento, la observación y la recogida de datos en el momento de la investigación; y la aplicación innovadora de aspectos formales, funcionales y estructurales al momento del proyecto” (Di Bartolo, 2000). (Fuente: Autoría propia).

Es importante mencionar que, en el ámbito comercial, utilizar el enfoque biónico en el mundo del diseño ha probado ser un recurso rentable, ya que ha abierto nuevas posibilidades de investigación y desarrollo, principalmente en el ámbito productivo en donde *“la biónica, conjuntamente con el diseño de materiales, constituyen un binomio que potenci[a] la generación de una nueva oferta productiva.”* (Alarcón, 2020).

Finalmente, la elección de un modelo biónico de diseño responde a que este recoge información desde el entorno haciendo que la posterior solución proyectual sea coherente con el problema detectado, pues este trabaja sobre la abstracción desde la esencia los sucesos , *“tomar como punto de partida un fenómeno natural y a partir de [el] desarrollar[ar] una solución proyectual”* (Munari, 1990). Tal como menciona Di Bartolo, *“Pensar con límites, idear desde el origen”* (Di Bartolo), permite tomar una postura holística de una situación, ver con proyección el problema e idear una solución creativa y profunda, evitando la auto referencia, dando, por

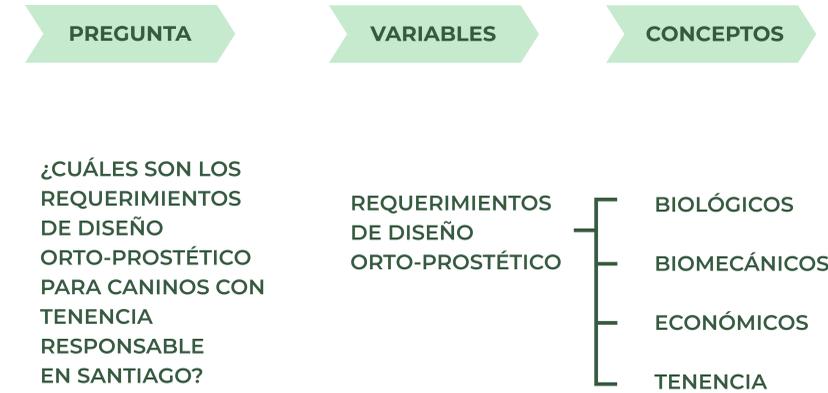
el contrario, una respuesta proyectual adecuada al problema identificado.

REQUERIMIENTOS DE DISEÑO ORTOPROTÉSICO

En la investigación anterior, se le dió respuesta a la pregunta *¿Cuáles son los requerimientos de Diseño orto - protéticos para caninos con tenencia responsable en Santiago?*, dicha respuesta se desarrolló en dos variables:

- a** / Requerimientos de diseño orto-protético.
- b** / Caninos con tenencia responsable en Santiago.

Se entendió que “requerimientos de diseño orto-protético” eran aquellos requerimientos necesarios a tomar en consideración al momento de diseñar un dispositivo protético para caninos Santiaguinos, dichos requerimientos se estructuraron en base a las necesidades biológicas, biomecánicas, Económicas y de Tenencia (Anteriormente planteadas en este marco teórico).



Esquema 10: Requerimientos de Diseño Ortoprotético. (Fuente: Autoría propia).

Requerimientos Biológicos

Se refirió a que el estado de salud del canino sea compatible con el tratamiento de recuperación y con el dispositivo protético, lo cual en concordancia con lo expuesto anteriormente en esta investigación se refiere a 3 dimensiones: la primera es que el paciente no presente ningún tipo de enfermedad o trastorno además de aquellos relacionados con la amputación, que el paciente se encuentre dentro de su peso normal, pues el sobrepeso excede la capacidad de carga de las articulaciones, situación que compromete la recuperación en general y que el paciente posea un buen estado de ánimo (lo cuál es un resultado de las dos anteriores dimensiones).

Requerimientos Biomecánicos

Se refirió en este caso a que a la situación tanto del muñón como la articulación comprometidas, estén en un estado que permita su recuperación, es decir, que post operación el paciente tenga su muñón correctamente cicatrizado, que la articulación restante esté en correcto estado y finalmente que dicho muñón aguante que el canino balancee su masa sobre él.

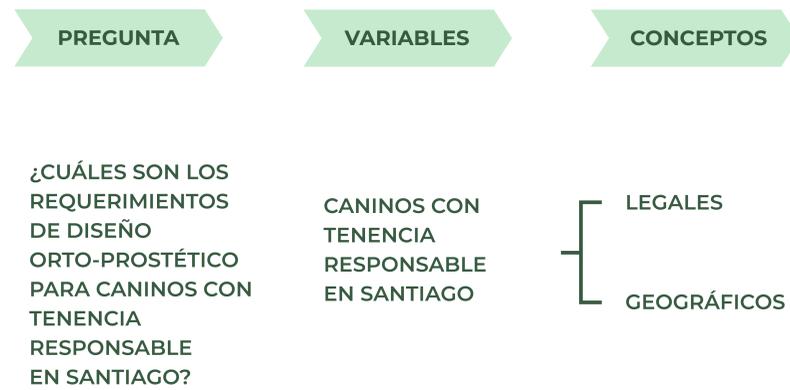
Requerimientos Económicos

Se entendieron como aquellos ligados a los servicios y productos necesarios de adquirir para realizar la recuperación del canino, netamente referido este aspecto a la capacidad del dueño del canino de poder adquirirlos, es decir que el dueño pueda pagar por las consultas, las cirugías, las sesiones de terapia (las cuales se pagan por separado), los agentes medicamentosos y el propio dispositivo protético.

Requerimientos de Tenencia

Se definieron como aquellos que están referidos a los cuidados y tiempo que es necesario destinar al canino durante todo el proceso de recuperación, es decir, la capacidad y voluntad del dueño de dedicar tiempo al cuidado del canino, la constante atención a su estado de salud y evolución. La capacidad del dueño de dedicar tiempo exclusivamente al cuidado de su perro.

Por otra parte, se entendió que “Caninos con tenencia responsable en Santiago”, podía dividirse en dos conceptos: “requerimientos legales” y “requerimientos geográficos”.



Esquema 11: Requerimientos Tenencia responsable en Santiago.

(Fuente: Autoría propia).

Requerimientos Legales

Se hizo referencia a “caninos con tenencia responsable” es decir, que estén en norma con lo establecido por la Ley de Tenencia Responsable de Mascotas (implantación chip subcutáneo, inscripción en el registro nacional de mascotas, mantención sanitaria y que su dueño responda legalmente por él).

Finalmente Requerimientos geográficos

Estuvo referido a que en este estudio de requerimientos fue enmarcado en ciudad de

Santiago de Chile, y que los dueños de los canes han de residir y vivir en dicha ciudad.

A modo de resumen, pueden ser identificadas dos variables: “Requerimientos de Diseño orto-prostético”, desde la cual se recogen los requerimientos Biológicos, Biomecánicos, Económicos y de Tenencia, cada uno con sus distintas dimensiones y “Caninos con tenencia responsable en Santiago”, en el cual se encuentran aquellos requerimientos supeditados a conceptos legales y geográficos, éstos también con sus propias dimensiones para su medición.



Esquema 12: Resumen requerimientos de diseño orto prostético para caninos con tenencia responsable en Santiago.

(Fuente: Autoría propia).

MATRIZ HÍBRIDA

En base a las variables, conceptos y dimensiones anteriormente identificadas, se realizó el análisis de requerimientos de diseño, utilizando una matriz mediante la cual se pudieron caracterizar los requerimientos, al mismo tiempo que fueron siendo categorizados y detallados.

El trasfondo de la matriz fue aplicar el carácter innovador del diseño biónico, ya que “la perspectiva general sitúa a la biónica como una metodología capaz de impulsar sistémicamente el proceso de diseño. Observando y analizando la naturaleza, es posible comprender sus relaciones estructurales, organizativas, funcionales, expresivas y económicas, además de aplicar métodos que sistematizan estas relaciones analógicas” (Alarcón, 2003), además de encontrar directrices que permitieran que, al aplicar dichos requerimientos, se llegara a una solución que tenga “sentido” aristotélicamente hablando.

Para ello se posicionaron aquellas razones aristotélicas en las cabeceras de columna (a modo de caracterizar dichos requerimientos) y aquellas relaciones estudiadas en la biónica (relaciones funcionales, estructurales, expresivas y económicas) fueron posicionadas en la cabecera de tabla de la matriz. Este análisis arrojó un listado de 16 requerimientos a lo largo de 4 columnas:

	MATERIA	FORMA	FUNCIÓN	SENTIDO
BIOLOGÍA / ESTRUCTURAL	MATERIA BIOLÓGICA ESTRUCTURAL	FORMA BIOLÓGICA ESTRUCTURAL	FUNCIÓN BIOLÓGICA ESTRUCTURAL	SENTIDO BIOLÓGICO ESTRUCTURAL
BIOMECÁNICA / FUNCIONAL	MATERIA BIOMECÁNICA FUNCIONAL	FORMA BIOMECÁNICA FUNCIONAL	FUNCIÓN BIOMECÁNICA FUNCIONAL	SENTIDO BIOMECÁNICO FUNCIONAL
TENENCIA / EXPRESIVA	MATERIA DE TENENCIA EXPRESIVA	FORMA DE TENENCIA EXPRESIVA	FUNCIÓN DE TENENCIA EXPRESIVA	SENTIDO DE TENENCIA EXPRESIVA
ECONÓMICA	MATERIA ECONÓMICA	FORMA ECONÓMICA	FUNCIÓN ECONÓMICA	SENTIDO ECONÓMICO

*Esquema 13: Matriz híbrida para el análisis de requisitos de Diseño caracterizada.
(Fuente: Autoría Propia).*

El listado de requerimientos caracterizado se encuentra en el (Anexo “5”).

DESIGN FOR MANUFACTURING

“El Design for Manufacturing (Diseño para la fabricación, DFM) es la optimización del diseño de una pieza, producto o componente, para crearlo más barato y fácil” (What is Design for Manufacturing (DFM)?, s. f.). Consiste en tomar en cuenta de manera completa “todas las funciones de fabricación: fabricación, montaje, prueba, compra, transporte, entrega, servicio y reparación, y asegurar el mejor costo, calidad, fiabilidad, cumplimiento de regulaciones, seguridad, el tiempo de lanzamiento al mercado y la satisfacción del cliente”(Diseño para la fabricación y capacidad de fabricación (DFM) Término Definición, s. f.)

Tomando en consideración este principio, es posible diseñar un producto que cumpla con su objetivo y que desde su concepción tenga enmarcados los requerimientos necesarios en su fabricación y distribución, para ser pertinente a la necesidad detectada.

MARCO METODOLÓGICO

GENERALIDADES

Arias (2012. p.16) señala que el marco metodológico es el *“conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas”*. En otras palabras, es el detalle de los pasos seguidos durante el estudio y cómo estos al ser llevados a cabo cumplen con el propósito de la investigación.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que el propósito de la investigación es *“Optimizar el proceso de diseño y fabricación de un dispositivo protésico para caninos con tenencia responsable en Santiago.”*, se optó por un diseño de tipo experimental aplicado de forma transeccional descriptiva.

En concordancia con Hernández, Fernández y Baptista (2014) *“los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”* (p.130), dichos autores mencionan además que *“los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes”* (p.151), además en dichos tipos de experimentos *“los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están conformados antes*

del experimento”(p.151). En añadidura los estudios descriptivos *“busca[n] especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis”* (p.192)

Es decir, con este diseño de investigación, se busca describir los hallazgos realizados en un experimento específico en una muestra determinada en un momento determinado. Contraste de procesos productivo artesanal y Diseño 3D, manifestados en cantidad de horas dedicadas y cantidad de procesos involucrados (sin perder en ningún momento los estándares de calidad base).

ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Dado el propósito de optimizar el proceso de fabricación de la prótesis y comprobar su eficacia a través de un experimento, se busca medir dichos parámetros a través de la recolección de datos precisos, por ello se optó por un enfoque cuantitativo, dado que éste permite objetividad, control y medición precisa.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) el enfoque cuantitativo *“es secuencial y probatorio (...) parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación (...) se analizan las*

mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las Hipótesis” (p. 4-5)

Para llevar a cabo estos enfoques, se recurrió a que, una vez terminados los procesos de diseño y fabricación del dispositivo protético, estos, con la aprobación del fisiatra veterinario de que dicho dispositivo cumple de todas las exigencias necesarias para su uso seguro en Luna. Se compararon las horas de diseño y fabricación de ambos, además de la cantidad de procesos productivos involucrados en su diseño y fabricación. Con el objetivo de determinar si la nueva propuesta, logra cumplir con los estándares actuales de calidad del dispositivo protético y además logra hacerlo de una manera tal que, se realice en menos tiempo y se involucren menos procesos productivos. En añadidura se acabaron por proponer futuras iteraciones para el progreso del proyecto.

POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población se entiende como *“un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones”* (Levin et al 2004. p.10). En el caso de este estudio, la población estuvo conformada únicamente por la Perrita Luna, la cuál es usuaria de una prótesis veterinaria hecha a medida.

MUESTRA Y MUESTREO

Se utilizó el método de muestreo no probabilístico de tipo casual/incidental, en el cual de acuerdo con Pineda, Alvarado y canales (1994) *“se toman los casos o unidades que están disponibles en un momento dado.”*, ya que, tal como se mencionó anteriormente, la población y muestra se componen de un solo individuo, que es la Canina Luna.

Se utilizó el tipo de muestreo no probabilístico de tipo causal/incidental, dado que se busca evaluar a través de un caso práctico específico el funcionamiento del dispositivo protético en cuestión, además, dado el contexto y situación sanitaria en la cual fue llevada a cabo la investigación, resultó ser la alternativa más segura en términos de salud.

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Falcon y Herrera (2005) se refieren a la técnica de recolección de datos como *“el procedimiento o forma particular de obtener datos o información (...) la aplicación de una técnica conduce a la obtención de información, la cuál debe ser resguardada mediante un instrumento de recolección de datos”* (p. 12).

En este caso, se utilizó la comparación de horas trabajadas entre el método tradicional de fabricación de prótesis y el propuesto por esta investigación, la cantidad de técnicas productivas (cuantos pasos de fabricación son necesarios para diseñar y fabricar el producto) y finalmente, la comparación del uso del dispositivo protético 3D v/s el tradicional a través del juicio del fisiatra veterinario.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se entenderá en esta investigación que un instrumento de recolección de datos que *“es, en principio, cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información”* (Sabino, 1996).

Para realizar las mediciones anteriormente mencionadas, se compararon los tiempos de fabricación y diseño de ambos dispositivos (artesanal y 3d), además de utilizar la asesoría constante y transversal en todo el proceso para asegurar el cumplimiento de las exigencias del dispositivo.

TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

La técnica utilizada para el procesamiento de datos fue la estadística descriptiva que *“es una ciencia que analiza series de datos y trata de extraer*

conclusiones sobre el comportamiento de estas variables.” (AULA FÁCIL, 2015, primer párrafo).

En este caso, comparación de Horas de Trabajo y Cantidad de procesos productivos involucrados en cada caso.

HERRAMIENTAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Una herramienta es un *“mecanismo o técnica necesaria para desarrollar un trabajo de manera satisfactoria”* (Oxford Universty Press).

A fin de catalogar y tabular los datos obtenidos se utilizó Microsoft Excell 16.1 para tabular dichos resultados.

SOFTWARES UTILIZADOS

Para el modelado 3D y fotogrametría se utilizó Rhinoceros 5 (64 bits), para el diseño, modelado y simulación de esfuerzos de la prótesis, Autodesk Inventor 2018, el software de impresión 3D Prusa Slicer y para la tabulación de datos, Microsoft Excell 16.1.

RESULTADOS

La optimización del diseño, para la asequebilización del dispositivo protético (prótesis), se abordó a través del diseño del proceso de fabricación. Éste diseño, estuvo basado en la impresión 3D, el Design For Manufacturing, La fotogrametría, el modelado 3D y el Diseño Biónico.

El diseño anterior mencionado, fue puesto a prueba aplicándolo en un caso práctico, Luna, canina de 9 años de edad, amputada de sus extremidades anterior derecha a la altura de la muñeca, posterior izquierda completa además de su cola. Se eligió este caso, pues es una paciente la cual ha utilizado una prótesis hecha a medida por gran parte de su vida, haciendo que sea posible realizar un análisis comparativo entre la prótesis tradicional y la diseñada para este proyecto.

A continuación se detallan los procesos de elaboración y diseño, mediante los cuales fue posible diseñar y fabricar una prótesis asequeble y de calidad de forma eficiente para un canino amputado de una extremidad anterior, a la altura de la muñeca (Se trabajará en esta lesión, dado que es la lesión que calza con los requerimientos anteriormente expuestos en esta investigación).

Es importante aclarar que nada de este proceso puede comenzar, sin la autorización de un fisiatra veterinario, que además, acompañe el proceso de

diseño en todo momento. Actuar de otra forma, implica la irresponsabilidad de poder causar daño en el animal.

Proceso de Diseño y Modelado 3D

En esencia, lo que se busca es generar una carcasa que recubra al muñón y además brinde un soporte que permita el desplazamiento en el animal. Para lograr dicho objetivo, lo primero, es recoger la información de la geometría del muñón, para ello, se utiliza la fotogrametría.

1 FOTOGAMETRÍA DEL MUÑÓN

Este paso consiste en transformar de 2 a 3 dimensiones la información entregada por las fotografías. Para dicho propósito, en esta investigación se utilizó el software de modelado 3D Rhinoceros 5, puesto que permite el procesamiento rápido de grandes cantidades de información y es capaz de trabajar con geometrías complicadas utilizando pocos recursos gráficos.

Se deben de tomar 2 fotografías del muñón del animal, una desde el frente y otra desde la vista lateral. Es importante tener en cuenta, que si bien el muñón presenta un grado de simetría axial en el

eje Y, la pata del perro se encuentra en un arco respecto al pecho del canino, éste detalle es importante puesto que un mala recogida de información, puede llevar a lesionar la articulación restante del animal.



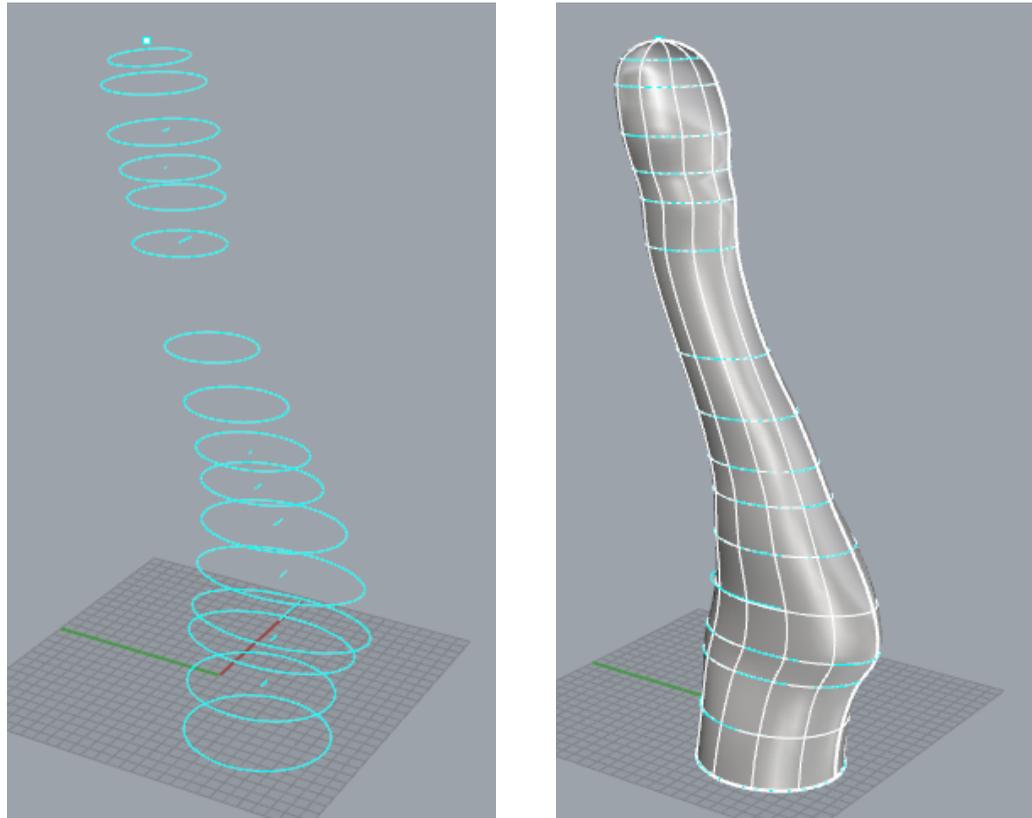
Fotos de izquierda a derecha: Lateral frontal de un molde de yeso del muñón de Luna. Se observa en la foto frontal el arco que se genera en la pata del canino (Pie está hacia abajo). (Fuente: Autoría propia).

Las fotografías han de ser alineadas de tal forma, que sea posible poder dibujar las distintas elipses que componen la geometría del muñón, para luego realizar con ellas la transformación geométrica "Loft". A través de esta técnica es posible generar una geometría óptima, que posea la información justa y necesaria para generar el socket del dispositivo protético.



Fotos de derecha a izquierda: Perspectiva, Frontal y Lateral de las elipses dibujadas para generar la geometría del muñón. (Fuente: Autoría propia).

Una vez dibujadas las elipses, se utiliza el comando loft, dicho comando genera una geometría que existe dentro de los confines de las elipses anteriormente dibujadas.



*Fotos de Izquierda a Derecha:
Elipses antes y después de la aplicación del comando loft. Se puede observar cómo se genera una geometría limpia y con los detalles necesarios para, con su contraforma, generar una carcasa para el muñón del canino. (Fuente: Autoría propia).*

Una vez generada dicha geometría, esta debe de ser exportada como una polisuperficie cerrada en formato .stl o .iges al programa Inventor Profesional 2018, en el cual se realizará la carcasa y los elementos mecánicos del dispositivo protésico.

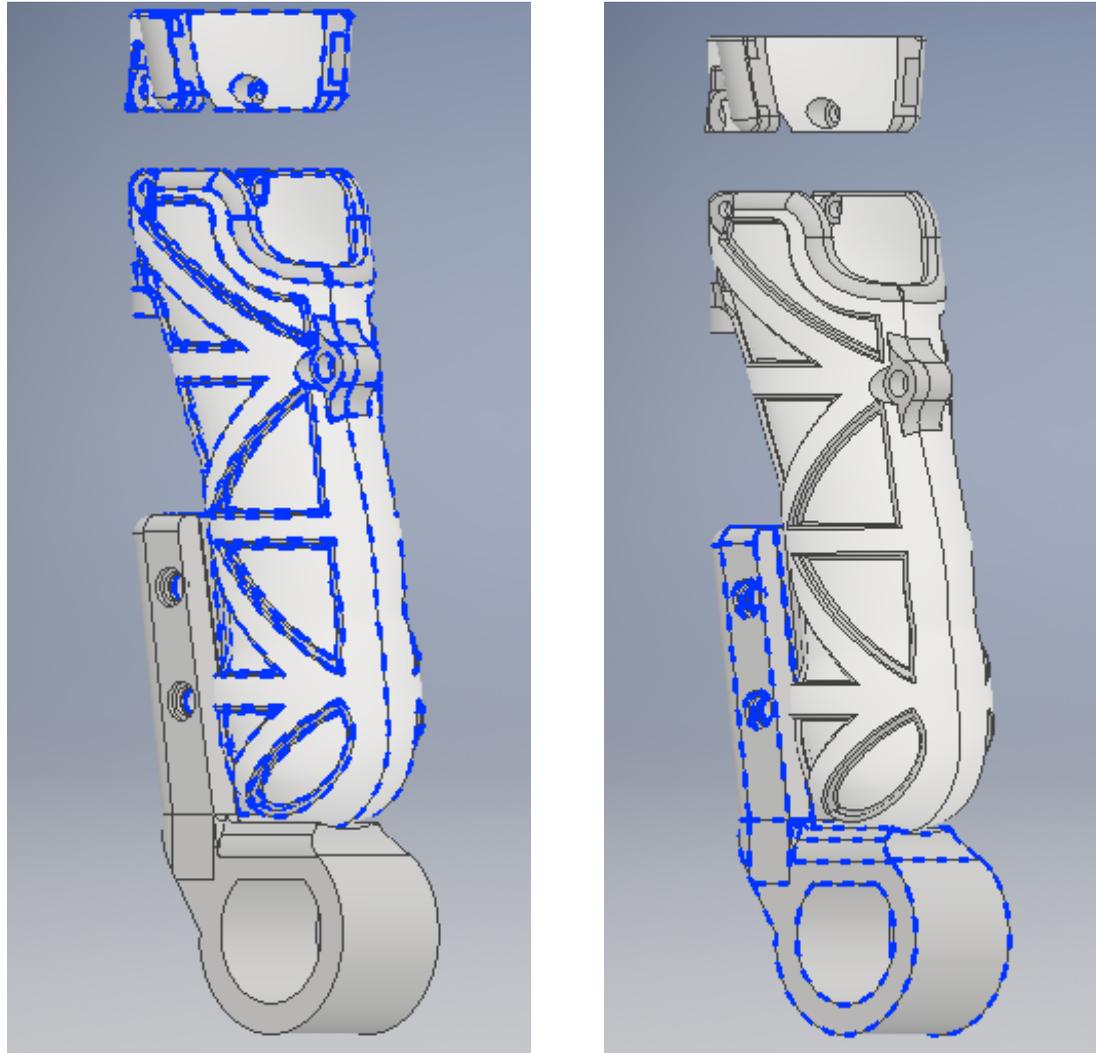
2 MODELADO DEL SOCKET PROTÉSICO, BISAGRAS, CERRADURAS Y ZAPATILLA

El dispositivo protésico a modelar, posee los siguientes componentes:



*Esquema 14
Partes de Socket Protésico.
(Fuente: Autoría Propia).*

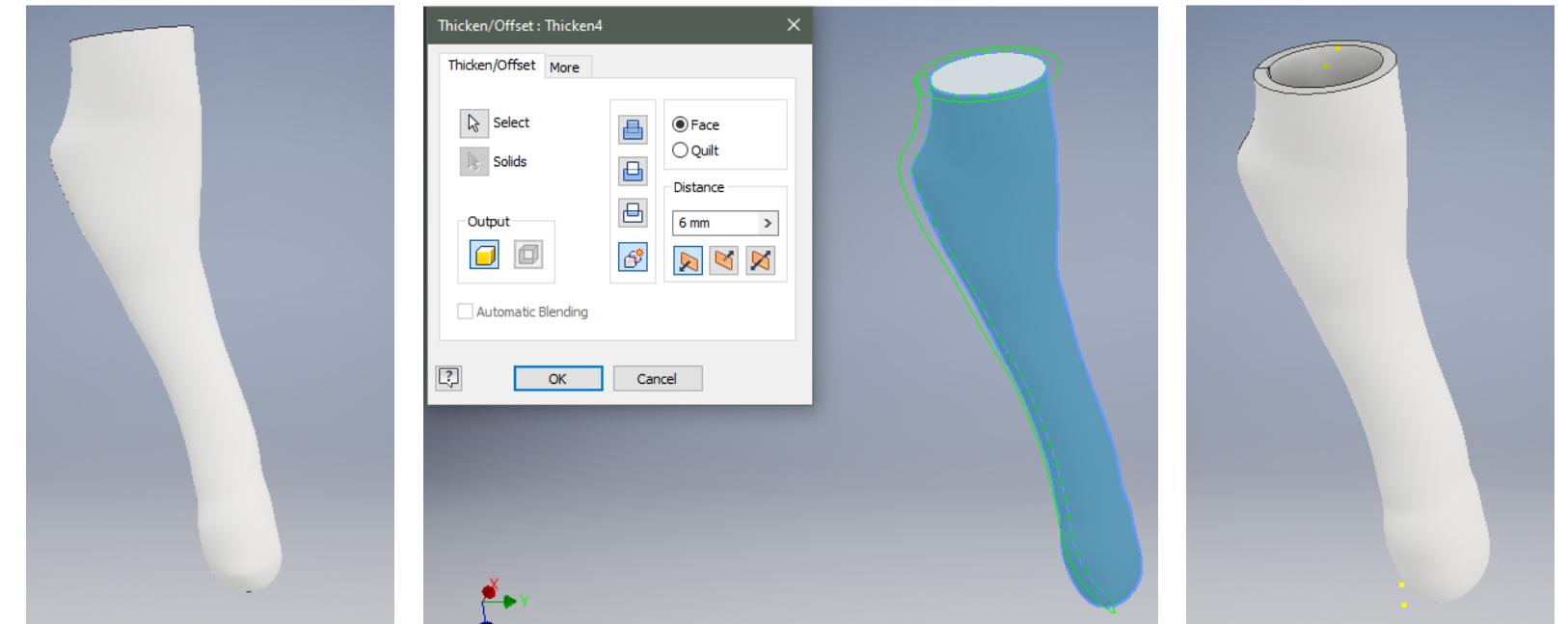
Sin contar herrajes y bisagras es posible encontrar 2 subconjuntos: Socket y Zapatilla. Socket está compuesto en esencia por toda la estructura que rodea y tiene contacto con el muñón. Zapatilla por otro lado, es la estructura vínculo entre el piso y el canino.



Fotos de izquierda a derecha; subconjunto socket y subconjunto zapatilla. (Fuente: Autoría propia).

3 MODELADO DE SOCKET

El socket protésico es un Offset con una tolerancia de 6mm (para poder recibir después el acolchado interno, goma plastazote) desde la geometría del muñón original. Dicha carcasa, lleva adosada bisagras para su unión además de la geometría necesaria para poder recibir los herrajes necesarios para la función de la pieza.



Fotos de izquierda a derecha: Secuidilla de pasos desde la geometría original hacia el primer offset, que brinda la tolerancia (separación) entre el muñón y la carcasa final. (Fuente: Autoría propia).

Este proceso de Offset, es realizado 3 veces, la primera de 6mm para generar distancia entre el muñón y el socket, la segunda de 4mm para generar la carcasa base y por último, de nuevo 4mm para generar la carcasa desde la cual se generará la trama que estructurará el dispositivo prostético.

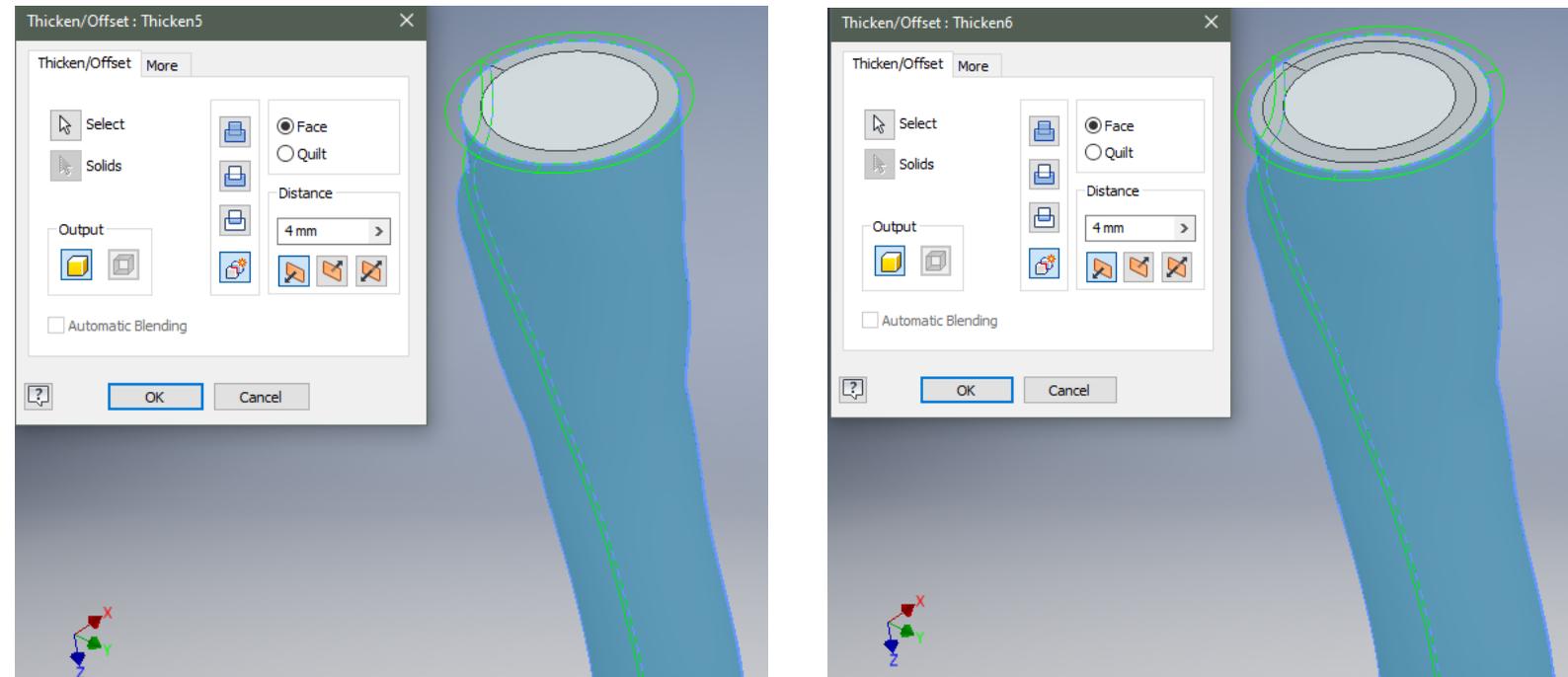


Foto de Izquierda a Derecha, Offset No2, Offset No3.
(Fuente: Autoría propia).

Una vez generadas las morfologías base, se dibuja la forma general del socket en un solo sketch, este incluye los cortes necesarios que separarán la mitad superior e inferior, además del entramado para su extrusión.

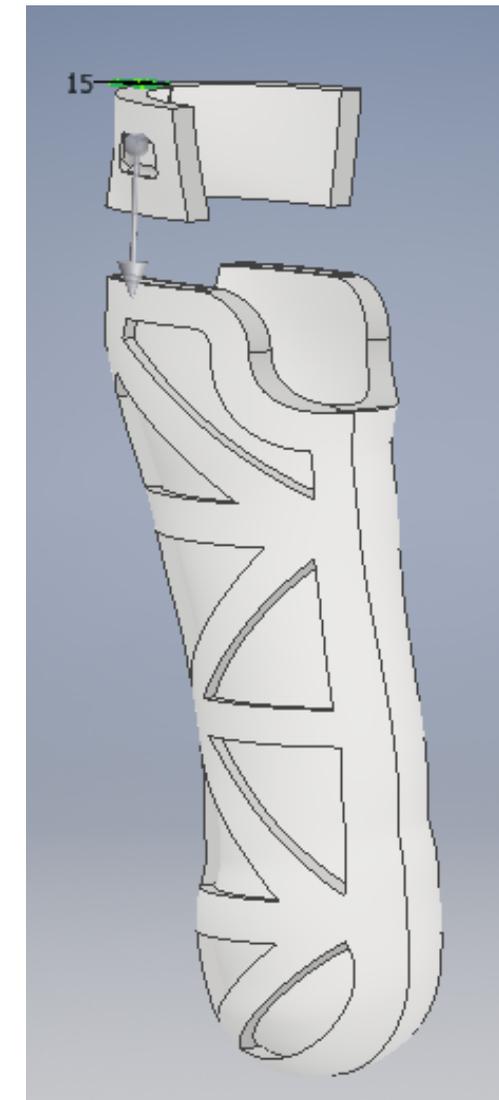


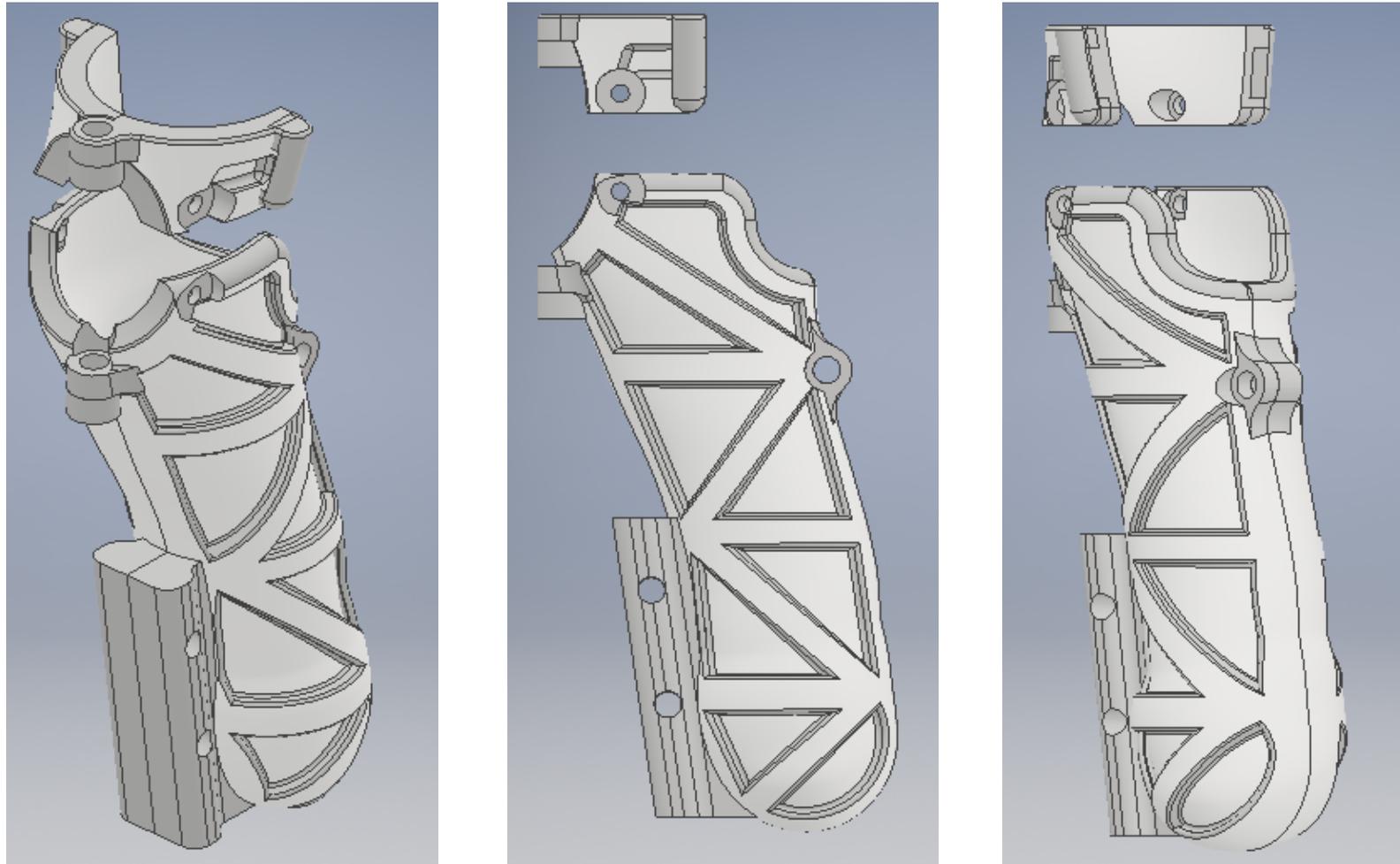
Foto: Carcasa terminada y estructurada. Después de esta fase, se le moldearán bisagras, cerradura superior e inferior y finalmente el riel que soportará a la zapatilla.
(Fuente: Autoría Propia)

4 MODELADO DE BISAGRAS Y CERRADURAS.

Se modelaron bisagras para pernos parker M8x1.25x35mm, con tolerancia de 5mm desde el perímetro de la perforación hacia el exterior. En la parte superior se modeló un soporte para una correa de velcro y en la inferior, una cerradura con un perno parker M8X1.25X35.

Una vez modelados todos estos elementos, se procede con el modelado de la zapatilla.

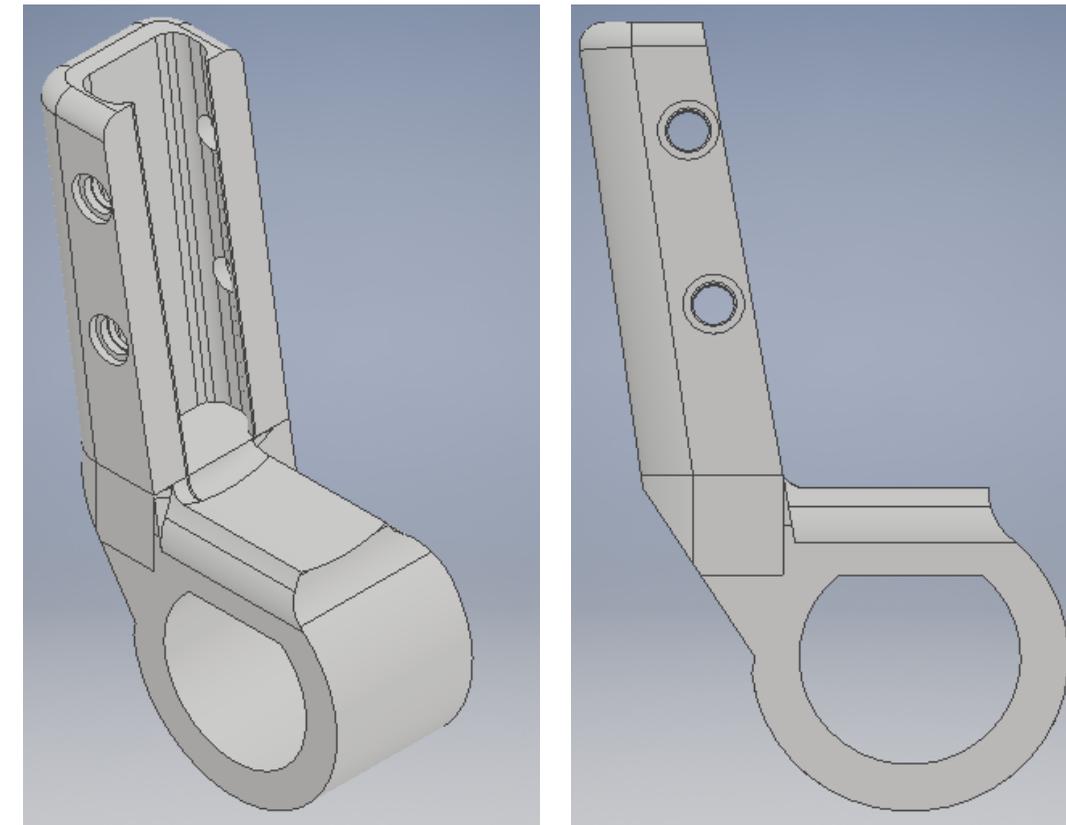
Fotos de Izquierda a derecha: Vistas Perspectiva Frontal, Lateral Derecha y Perspectiva posterior, en las cuales se señalan los distintos elementos que soportan los herrajes del dispositivo. (Fuente: Autoría Propia).



5 MODELADO DE ZAPATILLA

Para el modelado de la zapatilla se realiza un Offset desde el perímetro exterior de la geometría que vincula la zapatilla a la carcasa, para así generar un riel mediante el cual esta se pueda vincular junto a la carcasa del muñón. Por otro lado, también se modela una estructura circular vinculante con el piso. En esta última estructura se opta por una circunferencia a petición del veterinario pues permite al perro casi 360 grados de puntos de apoyo al momento del uso.

Fotos De izquierda a derecha: Perspectiva Superior y Vista Lateral de la Zapatilla. Se aprecia el riel y las perforaciones que la fijan con el socket, además de la estructura circular vinculante con el piso. (Fuente: Autoría Propia).



6 FABRICACIÓN DE DISPOSITIVO PROSTÉTICO

El dispositivo es impreso en 3D (ABS por su resistencia a los esfuerzos), en una cama de 250x210x200mm en dos sesiones, una en la cual se imprime toda el área de socket en 25(hrs) con un 30% de relleno y otra de 8 hrs en la cual es impresa la zapatilla, también con un 30% de relleno. Dando como promedio de tiempo de fabricación 33 (hrs) de impresión 3D. Finalizado este proceso, se retiran los soportes, se forra por dentro con plastazote ,se aplican los herrajes y la cinta de velcro.

Una vez completados todos estos pasos, la prótesis se encuentra lista para su uso e implementación.

Para esta memoria, se registró un tiempo de 4hrs desde que se realiza la Fotogrametría hasta que se manda a imprimir, este tiempo considera un margen para descansar cada 30 minutos, entendiéndose que se requiere ser meticuloso para llegar a un buen resultado. Sumando estas 4 horas de fabricación a las 33hrs anteriormente mencionadas dan por total 37 Horas, desde la Fotogrametría hasta tener el dispositivo prostético en las manos listo para su uso.

7 COMPARACIÓN CON PROCESO ARTESANAL

En comparación con las 37 Horas de diseño y fabricación anteriormente mencionadas (4hrs de Diseño y 33 hrs de impresión en las cuales, se deja a la impresora trabajando, desentendiéndose de ese proceso hasta su finalización) se encuentra el proceso de fabricación artesanal.

Los datos entregados a continuación están basados directamente en los datos brindados por Freddie Herrera, fisiatra veterinario con 10 años de experiencia en el rubro).

El proceso comienza con la toma de un molde de yeso, el cual es realizado por el mismo fisiatra utilizando vendas de yeso, lo cuál genera un molde en negativo, para luego, una vez seco, sacar un molde positivo, este proceso tiene una duración de 3 días. Con el molde listo, se procede a preparar el molde para realizar el laminado con fibra de carbono y resina epoxica, en este caso, se poncea con una brocha la resina por sobre la fibra, este proceso dura en promedio 1 día (desde que se prepara la fibra, la resina, se lamina y se seca), transcurrido este lapso de tiempo, se desmonta el socket de fibra de carbono, para luego esculpir la forma final de la prótesis. Finalmente se utiliza un día más para el armado con los restantes componentes fabricados de forma externa en un taller metalmecánico en paralelo con

el enfibrado. Dando como tiempo total de fabricación 6 días.

Es importante mencionar que todos los distintos procesos y oficios involucrados en la fabricación de esta prótesis, requieren un alto grado de habilidad para ser correctamente llevados a cabo, sin mencionar las 144 Horas desde el inicio hasta el final del proceso, es más del triple de lo que se puede lograr a través del diseño e impresión 3D.

Dado que utilizando la fotogrametría se elimina el proceso de la toma de molde con yeso (y todos los materiales que ello incluye) y utilizando el modelado 3D en conjunto con la impresión 3D, se evita todo el tema de fabricación manual, automatizando el proceso, generando una pieza precisa y confiable.

Finalmente se optimiza el tiempo de fabricación y recursos, sin sacrificar calidad. (Como se demuestra en el caso práctico, en dónde Luna, a juicio de Freddy, su dueño y fisiatra, no experimentó molestias de ningún tipo al colocarse por primera vez esta prótesis, ni tampoco alteró el comportamiento de su marcha.

Cabe mencionar que el producto artesanal posee una fina manufactura y es de muy buena calidad, además de poseer los principios y observaciones de diseño fundamentales para haber podido llevar a cabo esta optimización.

DISCUSIÓN



Fotografía 02
Fuente: Autoría Propia

Para llegar al resultado óptimo, es fundamental y requisito trabajar estrechamente con un fisiatra experimentado que logre encauzar las decisiones de diseño del modelo. Es igual de importante también, que el diseñador, esté instruido en temas de estructuras, fabricación, biología y biomecánica, para ser capaz de entender las indicaciones del veterinario como para poder argumentar decisiones de diseño frente a él. Ambas partes son fundamentales y ninguna posee más importancia que la otra. Cualquier alteración en este marco de trabajo, pone en peligro la calidad del producto y la salud del futuro usuario.

Utilizando fotogrametría, diseño e impresión 3d, es posible optimizar el proceso de fabricación de una prótesis veterinaria, sin sacrificar su calidad, generando esto último, que la prótesis para perros sea asequible a un mayor número de dueños.

Es importante recalcar, que en esta instancia, se sigue hablando de un producto alfa, un prototipo probado en uso, pero que no ha sido sometido a pruebas de esfuerzos y ha sido examinado de forma exhaustiva su desempeño biomecánico, por lo que es necesario seguir puliendo dichos aspectos.

Dicho lo anterior, el producto si ha pasado pruebas de calce y usabilidad, en el sentido de que no es un producto que produzca daño al ser vinculado con el canino y también, en periodos cortos de uso (el más largo registrado para este experimento, fueron 2 horas) se comporta de manera óptima estructuralmente.

Por todo lo anterior, es que el diseño protésico veterinario se abre como una posibilidad y una excusa con fines altruistas, para poder encauzar la creatividad hacia un objetivo tangible y de alto impacto en la sociedad, sobretodo acá en Santiago, capital nacional de los perros, en dónde más de un 70% de los dueños registrados manifiesta abiertamente interés en el bienestar de sus animales, sumando a este antecedente el hecho de que, de

acuerdo al doctor herrera, *“muchos clientes se bajan, por el tema de que la inversión en su perrito es muy grande como para que ellos la puedan llevar a cabo”* (Herrera, F. 2021).

De seguir esta investigación, se recomienda explorar las posibilidades que los distintos materiales en el catálogo de la impresión 3d, son más viables para llegar a un buen resultado, siempre enmarcando todo, con la asequibilidad y calidad. Por otro lado, también queda pendiente las extremidades posteriores, otras especies domésticas, como gatos y conejos además del tema ortopédico.

La fase en la cual concluye este proyecto, cumple con su objetivo de diseñar un proceso de fabricación que permita asequibilizar la oferta protésica canina en Santiago, sin embargo, plantea nuevas interrogantes en materia de materialidad, estructura, biomecánica y fabricación, las cuales, se recomiendan, encaucen la siguiente iteración de esta investigación.

CONCLUSIONES



Fotografía 03
Fuente: Autoría Propia



Fotografía 04
Fuente: Autoría Propia

El diseño es una herramienta que es tan efectiva como dispuesto a escuchar el entorno donde se esté. Sumergirse en problemáticas no exploradas y encontrar brechas de investigación es lo que permite que se pueda avanzar y llegar a nuevas fronteras, saber bien en qué estado del arte se está y no inventar la rueda de nuevo, si no es necesario.

Es por ello que el proceso de “optimizar” un proceso ya existente, de un producto que puede cambiar la vida de un ser vivo, cobra un significado potente y trascendental.

En este caso, una problemática que es casi invisible puesto que es de una especie distinta a la nuestra, que rara vez se queja, afecta a muchos perros y dueños en su calidad de vida, y generar respuestas que sean útiles, permite darle visibilidad y de esta forma, contribuir a generar conciencia acerca del tema.

Por otro lado, es también la excusa perfecta para sumergirse en las nuevas tecnologías, probar y mezclar técnicas, mezclar fotogrametría con impresión 3d, mezclar el modelamiento con la matricería, que en sí, no son cosas nuevas, para nada, pero que a esta escala si generan una diferencia. No necesariamente la solución en esta memoria propuesta, es la definitiva ni lo único que se puede hacer respecto a esta problemática, los

requerimientos de diseño encontrados, pueden dar cabida a muchas más soluciones y proyectos diversos, en ámbitos de ergonomía, fabricación, difusión de información, trabajo interdisciplinar, etc.

A modo personal siento que esos son los proyectos que hacen que esta profesión crezca, cuando se combinan con otros oficios y profesiones con el propósito de poner al servicio de la comunidad nuestros conocimientos.



Fotografía 05
Fuente: Autoría Propia

GLOSARIO

TRÍPEDO

Condición no natural, en la que un ser vivo se ha de desplazar con 3 patas. Si bien existen animales que utilicen sus colas como tercera extremidad, no existen animales con 3 extremidades de manera natural, pues ésta obedece a la simetría bilateral.

PRÓTESIS

“Prosthetic limbs provide the opportunity to return quadripedal motion by replacing a limb segment” (Zink. C, Van Dyke. J, 2018). Procedimiento mediante el cual se repara artificialmente la falta de un órgano o parte de él; como la de un diente, un ojo, etc. (Real Academia Española).

ÓRTESIS

“An orthosis is any medical device attached to the body to support, align, position, prevent or correct deformity, assist weak muscles, or improve function” (Deshales, 2002). -La órtesis fija la extremidad que lo requiere y mantiene el ángulo normal. Es un apoyo externo que modifica los aspectos estructurales del sistema musculoesquelético (Kinevet, 2016).

DISPOSITIVO PROSTÉTICO

Es un dispositivo externo que suplente la necesidad de reemplazar una extremidad faltante de un ser vivo con propósitos ligados a la obtención de la independencia funcional.

FABRICACIÓN DIGITAL

Concretamente, la fabricación digital es el conjunto de procesos integrados mediante los cuales se elabora un producto a partir del diseño y modelado del objeto en softwares.

AMPUTACIÓN

Proceso quirúrgico mediante el cual se remueve una extremidad del cuerpo de un paciente.

RADIO

En animales cuadrúpedos, el radio es el hueso estructural principal del “brazo”. Su estructura es similar en la mayoría de los cuadrúpedos terrestres, excepcionalmente se funde con la úlna (cómo en el caso de los caballos). (Imaios, Illustrated Atlas of the Dog. Recuperado en 29/6/2020).

ULNA

Es el hueso caudolateral del antebrazo, dividido en tres segmentos: proximal, adyacente al olécranon, la sección media (principal) de la úlna y la extremidad distal o cabeza. Su desarrollo depende de la evolución y necesidades de la especie, en humanos es el responsable de los movimientos de supinación y pronación, mientras que en carnívoros su rango es más limitado. (Imaios, Illustrated Atlas of the Dog. Recuperado en 29/6/2020).

CARPO

Huesos de la muñeca responsables del rango de movimientos de esta, divididos en 2 filas de 8, articulados con los metacarpos y el antebrazo.

PROYECTO

Designio o pensamiento de ejecutar algo. (RAE).

METACARPO

Huesos de la palma, son 5 huesos, articulados con los carpos hacia la muñeca y las falanges hacia el extremo distal

SUSTRATO

Que no cambia, sino que permanece a través del tiempo, “eso que permanece”. Por ejemplo, se es el mismo individuo, aunque el propio aspecto varíe con el paso del tiempo, aquello que no varía a través del tiempo y que permite afirmar que un sujeto es, a pesar de los cambios, es aquello que Aristóteles denomina sustancia o sustrato.

MATERIA

La realidad de lo que está hecho algo.

FORMA

De acuerdo con Aristóteles es “aquello por lo que es”, opuesto a la materia de un objeto, con la que mantiene una unión indisoluble.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLA DE COMUNAS CON MAYOR CANTIDAD DE DUEÑOS DE CANINOS POR HABITANTE

COMUNA	CANTIDAD DE PERROS INSCRITOS	DENSIDAD DE PERROS / KM2	PERSONAS POR DUEÑO DE CANINO
Pte Alto	25.778	292,3 perros x km2	27,55 : 1
Maipú	23.176	171,6 perros x km2	22,50 : 1
La Florida	19.834	276,1 perros x km2	18,49 : 1
Pudahuel	19.384	98,3 perros x km2	12,03: 1
Las Condes	14.106	142,4 perros x km2	20,90 : 1
Stgo Centro	12.392	534,1 perros x km2	32,64 : 1

Fuente: SUBDERE, Registro Nacional de Mascotas.

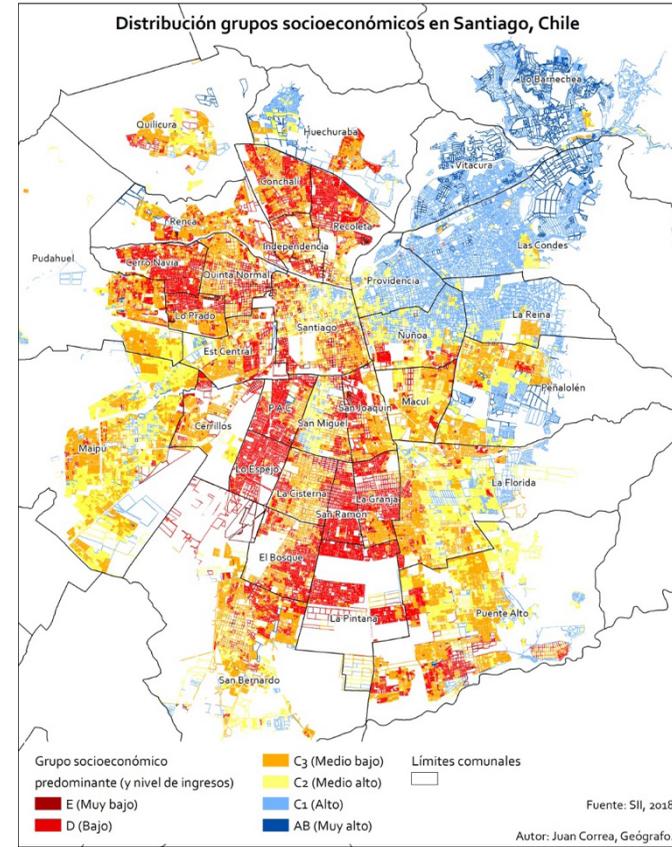
TABLA DE COMUNAS CON MAYOR CANTIDAD DE CANINOS INSCRITOS EN EL REGISTRO NACIONAL DE MASCOTAS

COMUNA	SUPERFICIE (KM2)	POBLACIÓN	DENSIDAD (HAB/KM2)
Pte Alto	88	710.232	6.455,8 hab x km2
Maipú	135	521.627	3.922,01 hab x km2
La Florida	70,2	366.916	5.226,7 hab x km2
Pudahuel	197	233.252	1.166,63 hab x km2
Las Condes	99	294.838	2.978,2 hab x km2
Stgo Centro	23,2	404.495	17.435,1 hab x km2

Fuente: SUBDERE, Registro Nacional de Mascotas.

ANEXO 2

DISTRIBUCIÓN DE LOS GRUPOS SOCIOECONÓMICOS EN SANTIAGO, CHILE VS GASTO MENSUAL EN LA MANTENCIÓN DE UN CANINO POR COMUNA.



Fuente: SII, 2018. Autor Juan Correa, Geógrafo.

Gasto Promedio Mensual \$24.478

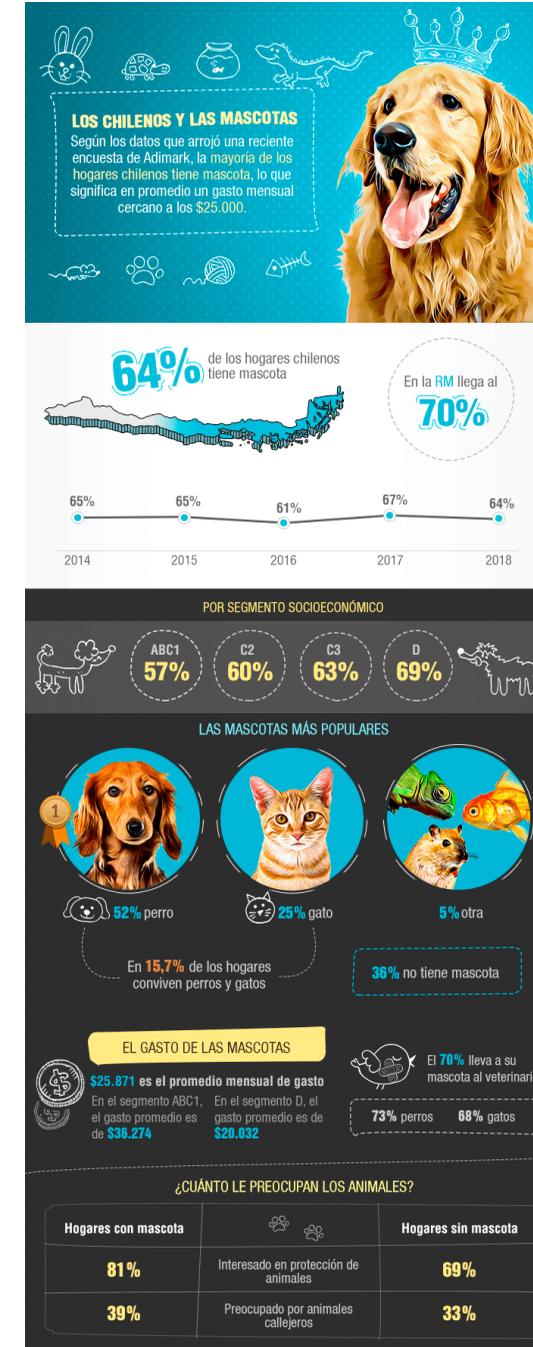
Gasto Promedio Anual \$293.736

Por Segmentación Socieconómica



Fuente: "Los Chilenos y las Mascotas", Adimark, 2018.

ANEXO 3



Fuente: "Los Chilenos y las Mascotas", Adimark, 2018.

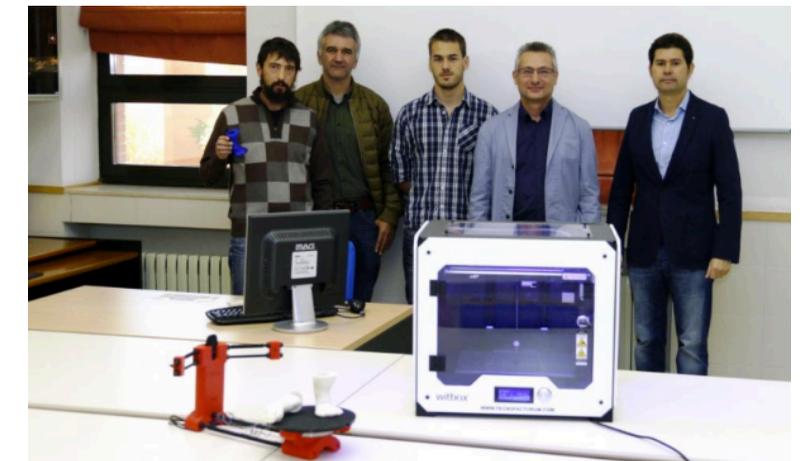
ANEXO 4

CASOS DE PACIENTES CON AYUDA DE LA IMPRESIÓN 3D EN LATINOAMÉRICA E IBEROAMÉRICA



Prótesis de Canino en México

Fuente: <https://laureate-comunicacion.com/prensa/especialistas-de-la-universidad-del-valle-de-mexico-crean-primera-protesis-articulada-en-3d-para-perro-en-mexico/#.YDcLtmN-Fdi>



Impresión Prótesis en España

Fuente: <http://imprimalia3d.com/noticias/2016/11/15/008232/protesis-impresi-n-3d-mascotas>



Prótesis de Canino en Ecuador

Fuente: <https://www.elcomercio.com/narices-frias/protesis-perros-impresion3d-tecnologia-depocaspulgas.html>

ANEXO 5

MATRIZ HÍBRIDA PARA EL ANÁLISIS DE REQUISITOS DE DISEÑO CARACTERIZADA

Fuente: Autoría Propia.

	MATERIA	FORMA	FUNCIÓN	SENTIDO
BIOLOGÍA / ESTRUCTURAL	<p>MATERIA BIOLÓGICA ESTRUCTURAL</p> <p>Compatibilidad dérmica con el usuario (canino).</p> <p>Acabado superficial del material debe de ser compatible con la superficie en contacto con el muñón.</p>	<p>FORMA BIOLÓGICA ESTRUCTURAL</p> <p>Forma "acoge" al muñón de la extremidad amputada, sin provocar dolor ni alterar la cicatrización en el mismo.</p>	<p>FUNCIÓN BIOLÓGICA ESTRUCTURAL</p> <p>Devolver el balance al aplomo del canino (restaurar porcentajes de carga entre su cruz y cadera).</p> <p>Permitir que el canino utilice su pata amputada sin alterar la morfología e integridades restantes de la pata amputada.</p>	<p>SENTIDO BIOLÓGICO ESTRUCTURAL</p> <p>Compatibilidad dérmica con el usuario (canino).</p> <p>Acabado superficial del material debe de ser compatible con la superficie en contacto con el muñón.</p> <p>Forma "acoge" al muñón de la extremidad amputada, sin provocar dolor ni alterar la cicatrización en el mismo.</p> <p>Devolver el balance al aplomo del canino (restaurar porcentajes de carga entre su cruz y cadera).</p> <p>Permitir que el canino utilice su pata amputada sin alterar la morfología e integridades restantes de la pata amputada.</p>
BIOMECÁNICA / FUNCIONAL	<p>MATERIA BIOMECÁNICA FUNCIONAL</p> <p>Masa del material utilizado en el dispositivo debe de ser similar al del miembro de referencia del canino.</p> <p>Material resistente a los embates de su uso (balanceo de la masa en el dispositivo, mordidas, lamidas, contacto con distintos suelos y líquidos).</p>	<p>FORMA BIOMECÁNICA FUNCIONAL</p> <p>Morfología coherente con la pata de referencia.</p> <p>Morfología del dispositivo permite los rangos de movimientos articulares correctamente relacionados con los momentos de inercia internos creados por el canino para su desplazamiento.</p>	<p>FUNCIÓN BIOMECÁNICA FUNCIONAL</p> <p>Soportar los momentos de inercia internos (movimientos producidos por el canino) y externos (desde el entorno por el que este se desplace) durante los periodos de uso.</p> <p>No comprometer la integridad estructural del dispositivo tras el uso diario.</p> <p>Resistencia a los abrasivos del entorno y producidos por el canino (mordidas, lamidas, roces, etc).</p>	<p>SENTIDO BIOMECÁNICO FUNCIONAL</p> <p>Masa del material utilizado en el dispositivo debe de ser similar al del miembro de referencia del canino.</p> <p>Material resistente a los embates de su uso (balanceo de la masa en el dispositivo, mordidas, lamidas, contacto con distintos suelos y líquidos).</p> <p>Morfología coherente con la pata de referencia.</p> <p>Morfología del dispositivo permite los rangos de movimientos articulares correctamente relacionados con los momentos</p> <p>de inercia internos creados por el canino para su desplazamiento.</p> <p>Soportar los momentos de inercia internos (movimientos producidos por el canino) y externos (desde el entorno por el que este se desplace) durante los periodos de uso.</p> <p>No comprometer la integridad estructural del dispositivo tras el uso diario.</p> <p>Resistencia a los abrasivos del entorno y producidos por el canino (mordidas, lamidas, roces, etc).</p>
TENENCIA / EXPRESIVA	<p>MATERIA DE TENENCIA EXPRESIVA</p> <p>Material permita la expresividad al usuario, correr, saltar, caminar, echarse, etc y la mantención simple al dueño (higienización de este en un ambiente doméstico).</p>	<p>FORMA DE TENENCIA EXPRESIVA</p> <p>Morfología coherente con las "líneas del canino".</p> <p>Morfología permite la expresividad del canino. (canino se acostumbra correctamente a su uso).</p> <p>Canino confía en su dispositivo protésico.</p>	<p>FUNCIÓN DE TENENCIA EXPRESIVA</p> <p>Dispositivo durante su uso permita la libre expresión del canino (correr, caminar, saltar, sentarse, echarse, etc) sin alterar el balance corporal del canino.</p> <p>Dispositivo de limpieza sencilla con utensilios domésticos.</p> <p>Dispositivo permita la personalización.</p>	<p>SENTIDO DE TENENCIA EXPRESIVA</p> <p>Morfología coherente con las "líneas del canino".</p> <p>Morfología permite la expresividad del canino. (canino se acostumbra correctamente a su uso).</p> <p>Canino confía en su dispositivo protésico.</p> <p>Dispositivo durante su uso permita la libre expresión del canino (correr, caminar, saltar, sentarse, echarse, etc) sin alterar el balance corporal del canino.</p> <p>Dispositivo de limpieza sencilla con utensilios domésticos.</p> <p>Dispositivo permita la customización.</p>
ECONÓMICA	<p>MATERIA ECONÓMICA</p> <p>Material permite que los costos por la fabricación del dispositivo permitan que este pueda ser adquirido por los dueños en situación crítica.</p>	<p>FORMA ECONÓMICA</p> <p>Forma optimizada en el coste de sus procesos de producción y en su efectividad como dispositivo protésico. (diseño de fácil producción, optimización de material, etc).</p>	<p>FUNCIÓN ECONÓMICA</p> <p>Producto esté disponible a la venta a un precio asequible para los dueños de la población crítica de los dueños de Santiago.</p>	<p>SENTIDO ECONÓMICO</p> <p>Material permite que los costos por la fabricación del dispositivo permitan que este pueda ser adquirido por los dueños en situación crítica.</p> <p>Forma optimizada en el coste de sus procesos de producción y en su efectividad como dispositivo protésico. (diseño de fácil producción, optimización de material, etc).</p> <p>Producto esté disponible a la venta a un precio asequible para los dueños de la población crítica de los dueños de Santiago.</p> <p>Producto esté disponible a la venta a un precio asequible para los dueños de la población crítica de los dueños de Santiago.</p>

ANEXO 6

TABLA COMPARATIVA DE OFERTAS PROSTÉTICAS

Proveedor	Lugar de Procedencia	Rango de Valores (Pesos)
Ortopedia canina.com	Unión Europea	\$247.000-\$994.000 (No IVA)
Ortopedia Mascotas	Murcia, España	\$16.000-\$72.000 (No IVA)
Ortocanis	Barcelona, España	\$14.000-\$190.000 (No IVA)
La tienda de Frida	México	\$48.000-\$200.000 (No IVA)
Club de Perros y Gatos	Santiago, Providencia, Chile	\$10.000-\$90.000
Fabrica artesanal privada	Santiago, Chile	\$70.000 (Precio único)

Tabla comparativa de una muestra de la oferta ortopédica/prostética disponible. Valores referentes al producto ortopédico/prostético más barato/caro disponible en cada catálogo

ANEXO 7

PRINCIPALES CENTROS CLÍNICOS ESPECIALIZADOS EN EL ÁREA

1 / CEKIVET (Centro de Kinesiología Veterinaria) Av. Francisco Bilbao 5724, Las Condes. Stgo de Chile

2 / NERVET (Centro de Neurología y rehabilitación Veterinaria). Alférez Real 1464, Providencia. Stgo de Chile.

3 / SOCHITOV (Sociedad Chilena de Traumatología y Ortopedia Veterinaria).

4 / INEVET (Instituto Neurológico Veterinario) Pepe Vila 25, La reina, Stgo de Chile.

ANEXO 8

PROFESIONALES REFERENTES EN EL ÁREA

Veterinaria

1 / Dra. Milena Anticevic Médico Veterinario Licenciado en Ciencias Veterinarias y pecuarias. Universidad Mayor, Santiago, Chile. Terapia Física y Rehabilitación Veterinaria en los Madrazos, España y Certified Canine Rehabilitation Practitioner por la Universidad Americana de Tennessee.

2 / Dra. Catherina Gonzales Médico Veterinario, Universidad de Chile Kinesióloga Veterinaria CEKIVET.

3 / Dr. Ricardo Oliveros Pérez-Montt Profesor Adjunto de FAVET además de Magíster en Ciencias Biológicas mención en Morfología; Doctorado, U. de Zaragoza.

4 / Dr. Ignacio Arias Médico Veterinario Cirujano Encargado de la Unidad de Cirugía de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad Chile.

5 / Dr. Felipe Reyes Riveros Médico Veterinario Cirujano, Traumatología y Ortopedia hospital veterinario oriente.

6 / Dr. Cristóbal Verdugo Médico Veterinario Académico Universidad Austral de Chile.

7 / Dra. Erika Silva Cuzmar Med Vet, MSc, PhD Encargada Área de Cirugía Instituto de Ciencias Clínicas Veterinarias Universidad Austral de Chile.

Diseño y Fabricación

8 / René Perea Diseñador Industrial Académico

Universidad de Chile Jefe del Laboratorio de Fabricación digital UAB.

9 / Santiago Espinoza Diseñador Industrial UCh Farm Manager TresDP.

ANEXO 9

TABLA COMPARATIVA DE MARCHA CON/SIN PRÓTESIS (IZQUIERDA); CONDICIONES ESPECÍFICAS COMPATIBLES CON DISPOSITIVOS PROSTÉTICOS VETERINARIOS



(A)



(B)

Figure 11.10 (A) The pathomechanical consequences of thoracic limb loss can be mitigated with the use of a properly fitted prosthesis. (B) A below-carpus prosthesis for amelia of the right thoracic limb distal to the radius and ulna. (B derived from video.)

Imagen comparativa

Fuente: Zink, C. Z. C, & Van Dyke, J. B. V. J. (2018). Canine Sports Medicine and Rehabilitation (2 ed.). Nueva Jersey, Estados Unidos: Willy Blackwell., Página 278.

Box 11.2 Specific conditions amenable to veterinary prosthetic devices

Thoracic limb prosthetics

- Surgical subtotal amputation:
 - Midshaft radius ulna amputation (50% antebrachium required)
 - Radiocarpal disarticulation
 - Intercarpal disarticulation
 - Carpometacarpal disarticulation
 - Midshaft metacarpal amputation
 - Digital amputation
- Congenital dysmelias (e.g., congenital restriction (amniotic band, amelia, meromelia)
- Traumatic limb amputation

Pelvic limb prosthetics

- Surgical subtotal amputation:
 - Tarsocrural disarticulation
 - Intertarsal disarticulation
 - Tarsometatarsal disarticulation
 - Metatarsal amputation
 - Digital amputation
- Congenital dysmelias (e.g., congenital restriction (amniotic band, amelia, meromelia)
- Traumatic limb amputation

Tabla de procedimientos prostéticos

Fuente: Zink, C. Z. C, & Van Dyke, J. B. V. J. (2018). Canine Sports Medicine and Rehabilitation (2 ed.). Nueva Jersey, Estados Unidos: Willy Blackwell., Página 278, Página 280.

ANEXO 10

ENCUESTA “EXPERIENCIA DUEÑOS DE PERRITOS AMPUTADOS”

Encuesta experiencia Dueños de Perritos amputados.

Buenos días/Tardes.

Me llamo Eduardo Vásquez Carbonell, me encuentro realizando mi proyecto de título para obtener mi grado profesional en Diseño Industrial, en la Universidad de Chile. Dicho proyecto está centrado en el modelo de diseño de una prótesis canina, que cumpla con los requerimientos biomecánicos necesarios para que esta sea efectiva, al mismo tiempo que sea consecuente con las posibilidades de los dueños. Para ello, esta encuesta busca levantar datos clave, para poder realizar el proyecto de mejor manera y cumpla de mejor forma sus objetivos.

Primer Ítem: Datos de Identificación del/la Dueño/a de la Mascota.

En primer lugar se recolectarán datos para poder identificar cada caso y así identificar al perrito, tanto como a su dueño.

Datos de Identificación del Dueño.

Nombre *

Tu respuesta

Edad *

Tu respuesta

Comuna de residencia. *

Tu respuesta

Datos de Identificación de la Mascota.

Nombre *

Tu respuesta

Edad *

Tu respuesta

Peso *

Sexo

- Hembra
- Macho

¿Es de raza el perrito? *

- si
- Es Mestizo.

¿El perrito puede salir a la calle solo? *

- Si
- No

¿El perrito se encuentra con su Chip subcutáneo implementado? *

- si
- no

¿El perrito se encuentra inscrito? *

- si
- no

¿El perrito posee todas sus vacunas al día? *

- si
- no

Cantidad de veces al día que come el perrito. *

- Entre 5 y 3 veces al día
- Entre 3 y 2 veces al día
- 1 vez al día
- Tiene comida todo el día en su plato.

Segundo Ítem: Antecedentes Médicos del Perrito

Antecedentes para conocer la situación del paciente y las características de su situación.

Extremidad Faltante del/la Perrito/a *

- Anterior Derecha completa
- Anterior Derecha hasta el Codo
- Anterior Izquierda
- Anterior Izquierda hasta el Codo
- Posterior Derecha
- Posterior Derecha hasta la Rodilla
- Posterior Izquierda
- Posterior Izquierda hasta la Rodilla.

Motivo de la ausencia de dicha extremidad. *

- Traumatismo (Ej: Atropello u accidente)
- Situación desde Nacimiento.
- Debido a una situación médica.
- Otro:

La/El Perrito/a utiliza algún dispositivo prostético? *

- Sí
- No

De no usarlo, ¿por qué? *

- Muñón incompatible con el uso de una prótesis. (Muñón carece de las características morfológicas de poder sostener una prótesis)
- Imposibilidad de acceder al tratamiento y dispositivo por motivos de índole económica.
- Otro:

Tercer Ítem

Antecedentes para identificar el nivel de ánimo y comportamiento del canino

Según usted, ¿Cuál es el nivel de ánimo de su perro? *

- 5 (Muy alto)
- 4 (Alto)
- 3 (Mediano)
- 2 (Bajo)
- 1 (Nulo)

¿Cuántas días a la semana sale a pasear su perro? *

- Todos los días
- Entre 5 y 3
- Entre 3 y 1
- Una vez a la semana
- No sale

Según usted, ¿Con qué nivel comodidad ve desplazarse a su perro? *

- 5 (Con mucha comodidad)
- 4 (Con comodidad)
- 3 (Mediana comodidad)
- 2 (Con un poco de dificultad)
- 1 (Con dificultad)

¿Su perro salta? *

- 5 (Salta mucho)
- 4 (Salta)
- 3 (Medianamente)
- 2 (Salta poco)
- 1 (No salta)

¿Usted escucha que su perrito/a se queja mientras se desplaza? *

- 5 (Se queja mucho)
- 4 (Se queja)
- 3 (Se queja medianamente)
- 2 (Se queda rara vez)
- 1 (No se queja)

En un contexto normal, no de cuarentena. ¿Cuánto tiempo comparte con su perro? *

- Todo el día
- Entre 5 y 6 Horas diarias
- Entre 5 y 3 Horas diarias
- En la mañana y en la Tarde/Noche

En un contexto normal, no de cuarentena. ¿Cuántas veces al día, juega usted con su perro? *

- 3 Veces al día
- 2 Veces al día
- 1 vez al día
- En mis ratos de ocio, entremedio de mis actividades diarias.

Muchísimas Gracias por participar en esta encuesta. Es una contribución enorme para poder llevar este proyecto de la mejor manera y abrir la posibilidad a que más perritos en esta situación puedan acceder a una prótesis. Además de ayudarme también a conseguir mi título profesional.

Dejar su correo si desea recibir una notificación cuándo este proyecto se encuentre concluido.

Fuente: Autoría Propia.

ANEXO 11 ENTREVISTAS REALIZADAS

Entrevista N°1

**Santiago Espinoza, Diseñador Industrial FAU,
Encargado área de servicios TresDP**

1 / ¿Hace cuánto tiempo llevas trabajando en la Fabricación Digital?

Fabricación Digital, sería 2 años. Impresión 3d y CNC.

2 / ¿Qué familiaridad tienes respecto a las prótesis?

Bueno acá en TresDP hemos trabajado con varias empresas que se dedican a eso, hemos trabajado con calce 3d, fundación prótesis de hecho, les hemos fabricado piezas, les hemos vendido equipo, somos socios activos de ellos.

3 / ¿Cuáles son los requerimientos que se han tenido para esas prótesis?, ¿Han sido grandes, pequeñas, medianas?

Hemos tenido de todo, miembros superiores, manos, brazo dedos, dónde si bien el tamaño es menor, los requerimientos mecánicos, son menores también, en comparación con una pierna, por ejemplo. Para prototipar se ocupa PLA, para ver temas de forma, función estética, para piezas más funcionales en estereolitografía en resina y para las piezas finales, con nylon reforzado con fibra de carbono, las cuales trabajan mecánicamente con gradoespacial, pues son reforzadas con fibra continua.

4 / ¿A qué se refieren con fibra continua?

La impresora posee 2 cabezales, en las cuales, uno va

poniendo el material base, que es un polímero fm y el otro va colocando la fibra continua, que puede ser de carbono, keblar, vidrio etc, dónde la va posicionando dentro de la pieza y genera piezas muchísimo más resistentes.

5 / ¿Eso supera con creces el PETg, ABS, ¿No?

Absolutamente, supera con creces hasta el aluminio.

6 / ¿Esas son impresas con la máquina Markfordge?

Sí, es impreso con el polímero nylon c12, que va llevando el refuerzo de fibra continua. La máquina es demasiado buena, permitiendo piezas con un acabado perfecto.

7 / Si habláramos de una prótesis para un perro mediano, 20, 25kgsde masa, muñón amputado,15 cms aproximadamente de alto,y de radio aproximado de 5cms, **¿más o menos cuánto tiempo de impresión tendría?**, tomando en cuenta la estructura de la prótesis que es el socket en dónde va el muñón y el amortiguador Ehh, la base de porque la máquina imprime tan bien, es porque imprime muy lento, entonces el rango de error es mucho menor, una pieza de ese tamaño podría llegar a demorarse aproximadamente, unas 20-24 horas.

-Es poco tiempo entonces. –

Sí, es relativamente poco tiempo, tomando en consideración que, en una impresora por deposición de material, la misma pieza, se demoraría entre 15 a 20 horas.

8 / ¿Los costos de impresión acá, ustedes los regulan en base al tiempo de impresión o al gramaje de impresión?

Ambos, eso es para sacar el costo de la pieza comercial.

9 / ¿Cuánto costaría sacar una prótesis para un perro acá en TresDP?

Osea con la impresora Markfordge el tema económico es importante, porque el valor que cobramos por imprimir piezas en este material, que es especial porque la impresora es de sistema cerrado, hacemos 25 veces el coste de la pieza que arroja el Slic3r. El Slic3r que es el software de la máquina, te arroja cuánto cuesta la pieza, si es que tú fueras el dueño de la máquina, por ello al multiplicarlo se cubren los gastos. Ponte tú que un rollo de fi lamento común te sale entre 25.000, 30.000 pesos, un rollo de Markfordge sale aproximadamente \$200.000 el rollo.

10 / ¿Y en una impresión de una pata, como cuanto se ocupa más o menos?

Depende únicamente de los parámetros que se utilicen.

11 / Entendiendo que es difícil dar un presupuesto de impresión sin el archivo en mano, pues con él se calibran los espesores de capa, de relleno, de soporte, densidad de los perímetros, patrones de relleno, etc. Entendiendo eso, proyectando en base a su experiencia en el rubro. **¿Cuánto podría llegar a salir referencialmente una prótesis?¿La prótesis entera sería impresa, o sólo el socket?**

-El socket, pues es la parte que es única y va con el animal-

12 / ¿Cuánto cuesta el servicio de digitalización?

99 dólares la hora. Tiene una precisión de 200 micras de milímetro, entregando un modelo muy detallado del muñón.

13 / ¿En su opinión qué elegiría usted? una prótesis por talla o una por fabricación digital?

Yo lo que elegiría, mira una de las ventajas que tiene la fabricación digital aditiva, es que tú puedes fabricar piezas únicas sin depender de moldes ni matrices. Son piezas totalmente personalizadas y si quisieras cambiar algo, no te va a incurrir en absolutamente en ningún gasto. Entonces ponte tú, si yo quisiera fabricar prótesis para perros de un cierto rango, obviamente me va a convenir fabricar un molde, pero ahí está el riesgo de que no todos los muñones son iguales, anatómicamente no todos los muñones son iguales y para que una prótesis haga más beneficios que daño tiene que ser personalizada, porque si una prótesis no es personalizada, puede generar daño anatómico, dañar porciones del cuerpo, entonces al final en ese caso, te sale mejor estar sin prótesis. A la larga, no usar prótesis son medicamentos, son tratamientos para el dolor, mala calidad de vida, dañoanatómico, etc.Acá el costo fijo con la prótesis, es el escáner del muñón y la impresión de la prótesis y ya está, no hay más inversión, sino hasta que por motivos anatómicos, haya que imprimir otra prótesis, de la cual ,al ya existir el archivo, el coste es menor.

Muchas gracias,De nada, encantado de ayudar.

Entrevista N°2

Dra. Catherina González (CEKIVET)

1 / ¿Cuáles son sus conocimientos en el área protésica?

Para mí el área protésica es desconocida en este momento la única persona que nos hacía prótesis es Freddy Herrera de NERVET, es el único en Chile que hace prótesis. El único que hace prótesis es Freddy Herrera, hablando siempre de prótesis, no Órtesis. Claro una Órtesis es algo que ayuda al cuerpo y una prótesis es quién emplaza. Claro prótesis es el púnico, las otras prótesis que existen son importadas del extranjero. Aparte de lo que aprendimos con Freddy, nada. No hay ningún taller de prótesis, estudios de prótesis nada. Las personas como Freddy han tenido que ir a especializarse al exterior. Todo esto hablando de veterinaria.

2 / ¿Cuánto tiempo se lleva dedicando a área de rehabilitación?

Desde el 2011 hemos estado trabajando activamente en la rehabilitación de los pacientes, con prótesis propiamente tal, desde el último año. Un año dos máximos desde que empecé a ver el uso de él. Todo mediante el extranjero claro, es algo que se necesita y que no hay. Otro profesional que está trabajando en biopolímeros para hacer prótesis, es el Dr. Arias, quién es la punta de lanza en el desarrollo de prótesis, personaje esquivo debido a su ajustada agenda. Se ha especializado en esa área porque pasa que los polímeros que son certificados para humanos no necesariamente son certificados para perros, debido a eso, es que las prótesis impresas en 3d, no se han desarrollado tanto, y la razón principal del porque el Dr. Arias se encuentra investigando en esa área.

Utilizando como referencia Tresdp, empresa que ha trabajado con prótesis humanas, utilizando compuestos de fibra de carbono con nylon, se les consultó cuánto costaría una prótesis para un perro mediano, de entre 20-25 kilos, a lo que ellos respondieron con un valor entre los 85.000-150.000 pesos, lo cual, cotejado con el coste de una prótesis hecha por talla, no está tan alejado de la realidad. Ese polímero lo más probable que esté certificado para humanos, lo que hay que hacer es certificarlo para perros. Para ello se necesita validar en base a un análisis estadístico aprobado en base a una muestra. De esta forma validan y asegurando que el compuesto no es nocivo a la piel del animal. Que es precisamente en lo que el Dr. Arias se está especializando.

3 / ¿En su experiencia profesional, cuáles son los compromisos que existen al tener a un paciente en terapia?

Por lo general cuesta más el compromiso por parte del dueño, más que el monetario, que si bien es alto, que en general con 20-35 mil pesos por sesión de terapia, el tema de eso, es que usualmente los pacientes vienen de cirugía, lo cual aumenta el precio, que aun así, no es el principal problema, pues el primer problema es que el tutor del paciente se involucre, pues si no lo traen, no hay avance, aunque vayan los fisioterapeutas a domicilio. Ese es el principal problema que encontramos en el proceso de recuperación del paciente, en el caso contrario, cuando el tutor se involucra, la recuperación suele salir muy rápido.

4 / ¿En qué consiste la terapia?

Depende bastante del tipo de patología, hay pacientes neurológicos, los cuales la afección principal es de origen neurológico, hernias medulares, cortes de nervios, etc. Traumatológicos, fracturas, esguinces y los ortopédicos, por ejemplo, perros con artrosis en sus caderas, que ya no soportan su peso. Usualmente los pacientes llegan con afecciones mixtas.

5 / ¿Cuál es la inversión que deben dedicar los dueños a sus pacientes?

Es súper distinto, porque por ejemplo una tendinitis la sacamos en 5 sesiones, que acaban siendo 125.000 pesos, por otro lado, por ejemplo, una hernia en un perro dachhound viejito, eso pueden llegar a ser hasta 15 sesiones, debido a la condición más frágil de salud del animal.

6 / ¿Por parte de la veterinaria que insumos se necesitan por tratamiento?

Los medicamentos los ve el dueño, yo los receto. En la veterinaria ocupamos distintas máquinas, caminadoras, etc. Cuando un paciente lo primero que se hace es pasarlo por la parte de fisiatría, que es quién decide y receta el tratamiento a seguir con el paciente, tratamiento que es seguido por el kinesiólogo, que en este caso particular de CEKIVET, yo soy la fisiatra y la kinesióloga a la vez, trabajo con 5 técnicos en veterinaria, que son mis ayudantes y saben los procedimientos que les he ido enseñando a través de varios meses, pues requieren varios saberes específicos. No es para cualquier técnico.

Muchas gracias por su tiempo.

Entrevista N°3

Dra. Catherina González (CEKIVET)

1 / ¿Cuál es el conducto regular, por el cual pasa un paciente en CEKIVET?

Primero lo ve al perro un médico general, y ese médico general si es que es algo traumatológico (que, para ser una prótesis, tiene que ser algo traumatológico), lo ve un traumatólogo o un ortopedista. Y él es quién hace la cirugía, en el extranjero es quién ve el tema de las prótesis, el postquirúrgico inmediato, si va a volver a caminar, etc. Si es que lo va a derivar a kinesióloga etc. El punto de inflexión es el traumatólogo. Él es quién ve la prótesis en particular.

2 / ¿Después quién vendría?

El fisiatra y después la kinesióloga, la rehabilitación. El fisiatra en el fondo es el que hace una evaluación y determina cuáles son los protocolos de rehabilitación, si necesita seguir viendo al traumatólogo, si necesita al neurólogo, si necesita kinesiólogo. Como la rehabilitación integral del paciente.

3 / ¿Y el kinesiólogo es quién lleva a cabo los tratamientos?

Sí.

4 / ¿Y acá en CEKIVET cómo es?, ¿Llegan, los evalúan y después pasan a la unidad de fisiatría?

Primero llegan derivados de la mayoría de neurólogos o traumatólogos, en otros casos de médicos generales o internistas y los veo yo, que soy la fisiatra de acá.

Una vez hecha la fisioterapia, comienzas las sesiones de rehabilitación o lo derivas a otro especialista que necesite. Por eso yo trabajo con varios especialistas para distintas cosas porque nosotros, no sé, porque por ejemplo de repente me piden casos que tienen otras patologías asociadas que hay que tratarlas antes de seguir la rehabilitación.

5 / ¿Cómo cuáles?

Temas dermatológicos, neoplasias, temas respiratorios, virales, etc. No siempre cuando derivan se puede empezar al tiro la rehabilitación. A veces hay otros temas que, paralelos que hay que tratar al mismo tiempo o paralelos antes de empezar la rehabilitación como tal.

6 / ¿Qué es lo más común, que la rehabilitación comience al tiro, o que deban ser derivados?

Que comiencen al tiro, pero hay casos. Hay colegas y colegas; Hay colegas que prefiere derivarlos un mes después de la cirugía y hay otros que lo derivan a los 2 o 3 días. Tenemos que trabajar con distintos protocolos para cada uno de ellos. Por ello es importante realizar una buena evaluación, recopilar la mayor cantidad de antecedentes, porque con cada uno se trabaja distinto.

7 / ¿No hay dos casos iguales cierto?

No, de hecho, en veterinaria se dice que no hay enfermedades, hay enfermos. Porque cada uno tiene sus propios avances, es su forma de defenderse ante ciertos patógenos, su forma de avanzar frente a cierta cirugía, no todos avanzan de la misma forma, entonces a cada uno tienes que verlo de una forma individual.

8 / ¿Cuáles son los casos que más se suelen repetir respecto al tema de las amputaciones en perros en su experiencia?

Amputación de miembro posterior bajo la rodilla.

9 / ¿Por qué ocurre eso?

En general no recibo muchos perros amputados, porque no he tenido la ocasión. Pero la mayoría es por traumas, atropellos y un par porque los dejaron amarrados, sueltos, como abandonados amarrados, entonces ellos tratando de soltarse se luxaron las articulaciones, como en el fondo se las amputaron solas, entonces son bien traumáticos los procesos de amputación. El otro caso, es en el cuál se saca la extremidad completa. Por ejemplo, si es miembro anterior se saca de escápula hasta abajo, si es miembro posterior. Desde cadera hasta abajo. Sobre todo en casos de neoplasia, en cáncer de huesos. Por lo general cuándo hay neoplasia se saca casi todo.

10 / ¿Neoplasia implica entonces, cuándo ya es cáncer verdad?

Sí, es cáncer, es cáncer al hueso y es muy agresivo. Las neoplasias son crecimientos exponenciales de una célula. Eso no pasa en el organismo general porque tenemos un mecanismo regulador. Ósea como que tantas células se producen, tantas células se destruyen. En un proceso neoplásico no existe ese control y las células comienzan a aumentar. Por eso se producen los tumores. Que son un montón de células que crecen sin control.

En las radiografías se ve un hueso que comienza a crecer, a crecer a crecer. Es súper agresivo porque se va traspasando a otros huesos.

11 / ¿En materia de tiempo, a qué se refiere por agresivo?, ¿A que deja la embarrá' en una semana, un par de días?

No, no en una semana ni un par de días, pero por ejemplo uno de los procesos más agresivos es del sistema digestivo y eso por ejemplo lo encuentran hasta que el perro, serán como 3 o 4 meses de sobre vida, en los huesos es un poco más, serán unos 10 u 11 meses, pero es más doloroso. Bastante doloroso. De hecho, deja inutilizable la zona en donde está el tumor. Deja la zona en donde se alojó el tumor inutilizable, no se puede realizar descarga de peso en esa zona, pues es muy doloroso para el perro.

12 / Por ejemplo, si un perro tuvo un osteosarcoma con una neuroplastía y tuvo que serle amputada la extremidad posterior desde el fémur hacia abajo. Uno no podría hacer una prótesis, ¿dónde ese muñón forme parte de los puntos de apoyo, cierto?, ¿Habría que deferir todos los esfuerzos a áreas cercanas?

Ahora muchas veces, lo que están haciendo ahora, no sé, por ejemplo, si tiene osteosarcoma en la parte baja de la pata, ponte tú, en el tarso. Le operan el tarso primero y le hacen quimioterapia. Si es que no contamina hacia arriba, dejan la extremidad, pero con un muñón. Pero que yo sepa, no han tenido muy buenos efectos, han seguido generando el osteosarcoma para arriba, y han tenido que amputar. Pero eso sigue dependiendo de los últimos estudios que han ido surgiendo, en este momento no estoy tan actualizada.

13 / Entendiendo que la prótesis es una herramienta más que se complementa con toda la terapia kinesiológica, y que debe estar aprobada por un fisiatra, en caso de ser

recetada, **¿Cuál es el modo operatorio que se sigue para recuperar a un paciente?** En ese aspecto no sé si te puedo ayudar tanto, porque acá no hemos visto tantos casos que se han ido recuperando con prótesis, ósea sí hubo un par de casos, pero que después se fueron al extranjero, porque en Chile, no están utilizando prótesis aún, entonces decirte cuál es el protocolo que se genera en un perro con prótesis tendrías que estudiarlo, porque está demasiado en pañales. En Chile no están haciendo, en Argentina no están haciendo, como hablando de estudios en español, en España tienen, pero tampoco hay tantos estudios al respecto, como para decirte "este es el protocolo".

14 / Comprendo, ¿Y las veces que le ha tocado y queda como, "ya, hay que hacerlo de alguna forma"?, ¿Cuál es como su "approach" al caso?

Mhmm, Disminución del dolor, una vez disminuido, mejorar la descarga de peso y después fortalecimiento muscular.

15 / ¿En qué consiste la disminución de dolor?

Mhmm, tampoco te voy a decir cada una de las cosas que hacemos, porque eso es parte igual de nuestra clínica. Pero disminución del dolor, nosotros hacemos tratamiento netamente como analgesia, tanto medicamentoso como agentes físicos.

16 / ¿Cómo medicamentos y Agentes físicos?

Los agentes físicos son por ejemplo las máquinas que uno utiliza, la electroterapia, el magneto, ultrasonido, crioterapia. Hay distintos agentes físicos que actúan de distinta forma para generar analgesia.

17 / Era disminución de dolor, ¿Ahora vendría Descarga de peso?

Claro, que intentaran bajar la pata, por ejemplo, cuándo llegan con el miembro posterior u anterior arriba, eso al empezar a bajarlo la pata, se llama descarga de peso, osea que realmente vaya soportando peso con ese miembro. Y una vez logrado eso se comienza a trabajar lo que es fortalecimiento muscular, los rangos articulares. Los movimientos en general, lograr un movimiento en realidad lo más natural posible, que no se note que en realidad tuvouna lesión.

18 / ¿Qué tan seguido se producen episodios de retrocesos?, ¿De qué factores depende eso?

Por lo general, la primera parte de cuándo uno disminuye mucho el dolor, los perros y los gatos por lo general no se autocontrolan, no se autolimitan. Entonces si ya no tiene malestar comienzan a hacer muchas más cosas de las que deberían hacer. Entonces ya por ejemplo, un perro que tenía una cirugía en rodilla, empieza a tirarse de la cama al piso, entonces eso genera un retroceso, porque puede que se tire bien, 2, 3 veces pero puede que a la 4ta caiga mal y eso va a generar dolor e inflamación nuevamente,tendríamos que volver atrás y en esos casos, la mayoría de las veces -aunque suene fuerte decirlo-es por culpa de los dueños. Porque los perros no se limitan, nosotros tenemos que limitarlos a ellos, entonces sí, hay que tener mucho cuidado con el tipo de ejercicio que se lleva para la casa y si el dueño es capaz de hacerlo o no.

19 / Por lo que recuerda ¿Cuántas cesiones requirieron los perros amputados?

A ver, ese perro llegó super bien, no deben de haber sido más de 5 o 6 sesiones.

20 / ¿Qué es “súper bien”?

Osea llegó apoyando y sin dolor, lo que el necesitaba eran ejercicios para llegar a una normalidad, ya tenía descarga de peso, tenía menos musculatura y un rango articular un poco menor al normal, pero recuperó muy rápido.

21 / ¿Entonces los tres aspectos principales a evaluar en un paciente son “el balanceo del peso”, “el tono muscular con el que llegue” y el “rango articular “?

Sí, osea, dicho de una forma muy resumida sí.

22 / ¿Cuál es más o menos el universo de pacientes que tienen al mes?

¿Al mes?, en la actualidad estamos atendiendo aproximadamente 50 pacientes en rotación, pero no tienen todo el tiempo, hay algunos que vienen una vez al mes, otros quevienen 3 veces a la semana, otros que vienen 2 veces a la semana, otros que vienen 59una vez a la semana, unos que vienen a mantención una vez al mes, pero más o menos tienen que haber unos 50 o 60 pacientes en rotación. Ahora, ¿Cuántas terapias estamos haciendo al mes?, que yo creo que es un número más real, aproximadamente hacemos 10 cesiones al día, acá. Entonces, bueno, no todos los días son iguales, hay días, por ejemplo, el viernes, tenemos 4. Porque por ejemplo este viernes, los chiquillos se van a un curso y voy a estar sola, hay días en los cuales son menos, pero hay más traslado, pero podemos tener hasta 10 rehabilitaciones al día.

23 / ¿Cuándo hablan de traslados ustedes se refieren a que los van a buscar a sus hogares?

Sí, nosotros los vamos a buscar, los traemos le hacemos la rehabilitación y después los vamos a dejar.

24 / ¿Cómo cuánto dura una sesión de rehabilitación?

Por ejemplo, en gatos, trato de no pasarme de los 45 min, pero en perros puede llegar hasta la hora y media.

25 / ¿Y esa hora y media, es trabajo físico de ambos?

Sí, tiene que ser trabajo de ambas partes, quién va acompañando todos los movimientos y ejercicios.

Muchas gracias por la entrevista.

Entrevista N°4 Dr. Ricardo Olivares Pérez-Montt (Prof. Anatomía FAVET)

1 / ¿Cuáles son sus conocimientos acerca de la prótesis canina? (En relación con el hecho de que usted escribió un libro acerca de anatomía veterinaria).

Una manual, un manual de que es básicamente lo que usamos acá en pregrado, que es básicamente un libro que recoge información y contenido de otros libros, que en el fondo lo que busca es hacerlo más digerible para el pregrado. Pero en realidad recoge conocimientos de la anatomía clásica. De prótesis nada; Tengo un colega que llegó hace poco del extranjero y se trajo su impresora 3D,y claro, sé que en el fondo utilizan polímeros, con plástico y todo eso.

La base es súper simple en realidad: Hay modelos 3D que uno puede imprimir y es un cabezal que va botando

plástico e imprime la figura.

Pero eso entonces, ¿tú puedes armar una prótesis?

Claro, osea la gracia del Diseño Industrial es que te permite diseñar en 3 dimensiones en una multitud de casos, en este caso en 3D. Se puede modelar una prótesis en base al escaneo de un muñón que provee la contra forma exacta de este y hacer la prótesis a partir de ello.

2 / ¿Cuáles serán los factores más importantes para considerar al momento de enfrentarse a diseñar una prótesis, desde el punto de vista anatómico?

Uno no tendría el miembro completo para ver el tema del aplomo, que es como cuándo los maestros tiran el plomo para hacer un muro, los seres vivos tienen una línea simétrica pero casi todos no somos tan simétricos. ¿Has escuchado hablar de aquellos que tienen las rodillas muy juntas o muy separadas, entonces, el cuerpo se va compensando, hace una suerte de ejercicio, si claro, ya te falta un miembro? Habría que considerar hacia abajo.

3 / ¿A qué se refiere con considerar hacia abajo?

Ehh, el aplomo, pero por lo que cacho, es que no va a haber registro previo del aplomo del animal, en equinos se ocupa harto el tema del aplomo, mucho para herraduras.

4 / ¿Entonces el factor principal en el cual me tendría que fijar, sería el aplomo del animal en su miembro?

Claro, yo no creo que lo hayan visto antes, refiriéndose al paciente en específico para el cuál tú estás creando la prótesis.

5 / ¿Entonces lo ideal sería que al animal lo hubieran estudiado antes?

Claro, que eso no va a pasar jamás.

6 / ¿Y en un perro de raza por ejemplo?

¡Buena!, los puntos Zootécnicos que es que se llaman, buena tu vas al Pastor Alemán, por ejemplo, tiene una postura determinada, la caída de cadera, la proyección del pecho, todas las proporciones y distancias están normadas. Hay que meterse con calma, pero lo pillai', hay esquemitas que muestran los ángulos, todo.

Por ahí te deberías dar una vuelta, por el tema de lo que es Zootecnia, que tiene mucho que ver con lo que es Producción Animal. En lo que es perro, hay crianza de perro y cada raza de perro tiene todas sus características normadas, su alzada todo. El aplomo también, búscalo, aunque está más ligado al mundo equino, a caballos en el tema de las herraduras, dónde es fundamental.

La gran clave que tienes que saber, es la proporción entre los puntos zootécnicos y el aplomo del animal.

7 / ¿Se podría tratar de hacerlo lo más similar a la otra pata de referencia y tratar de nivelarlo con la otra extremidad?

¡Sí!, por supuesto, es una forma de llegar también a un buen resultado, anatómicamente hablando. Yo creo que en términos literarios vas a tener que basarte mucho en el humano, hablando de Anatomía Comparada por su puesto, que no es pecado comparar ambas anatomías.

Ahí tienes puntos claves por dónde irte, aplomo, puntos zootécnicos y claro anatomía comparada, porque el humano está mucho más desarrollado en lo que es prótesis. Obviamente que es diferente a un animal, pero te va a dar algunas referencias.

8 / ¿Cuáles son los factores que hacen que la piel de un perro sea sensible?

Es que el PH, de un perro es más Neutro que el del humano. Se ve afectada a distintas enfermedades, parasitarias, alergias etc. Dermatitis, Dermatitis, etc.

Mira, acá sale que el perro es 5.5 –7.5, tendencia a ser más alcalino, en el humano 5.2-6.2. El 7 es Neutro, entonces, los perros compensan de manera distinta que los humanos, es por ello que muchos shampoos humanos, le afectan alérgicamente a la piel de los perros.

9 / ¿Yo podría colocar un material que estuviera de intermediario entre lo que es el muñón y la prótesis, que aisle el polímero de la piel del perro?

Sin saber mucho de diseño, al menos del lado anatómico /dérmico del perro, sí. No debería afectar. Aparte que los perros tienden a continuar su vida, al no autolimitarse siempre y cuándo nada les produzca dolor o les moleste.

Muchísimas gracias, por la entrevista Dr.
Cuando guste, estemos en contacto.

BIBLIOGRAFÍA

Cristina Galindo, C. G. (2018, 26 enero). 3D, así se imprime el mundo. Recuperado 22 mayo, 2019, de https://elpais.com/elpais/2018/01/15/eps/1516037850_709211.html

Club de Perros y Gatos - La Tienda de tus Incondicionales. (s.f.). Recuperado 17 abril, 2019, de <https://www.clubdeperrosygatos.cl/>

Diario Pyme, D. P., & PrensAnimalista, P. A. (2014, 26 enero). Chilenos gastarían en promedio \$52 mil -mensuales en sus mascotas. Recuperado 22 mayo, 2019, de <http://www.prensanimalista.cl/web/2011/12/06/chilenos-gastarian-enpromedio-52-mil-%C2%ADmensualesen-sus-mascotas/>

Instituto Neurológico Veterinario. (s.f.). Instituto Neurológico Veterinario. Recuperado 17 abril, 2019, de <https://institutoneurologico.cl/>

Kinevet. (s.f.). Kinevet | Ortopedia. Recuperado 17 abril, 2019, de <https://www.kinevet.cl/ortopedia>

La tienda de Frida PRODUCTOS ORTOPEDICOS PARA PERRO. (s.f.). Recuperado 17 abril, 2019, de https://www.latiendadefrida.com/collections/productos-ortopedicos-para-perro?sort_by=price-descending Ortopedia y Fisioterapia para mascotas. (s.f.). Recuperado 17 abril, 2019, de <http://www.ortopediamascotas.com/>

Marti Deans, M. D. (2018, 27 abril). What is Computer Aided Manufacturing (CAM)? - Fusion 360 Blog. Recuperado 22 mayo, 2019, de <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computeraided-manufacturing-beginners/>

Maldonado, J. R. (2017, agosto 31). Cifras Preliminares Censo 2017: 823.204 habitantes tendría región de Los Lagos. Recuperado 27 de abril de 2020, de <https://www.radiosago.cl/cifras-preliminares-censo-2017-823-204-habitantes-tendria-region-los-lagos/>

Productos Rehabilitación para mascotas - Club de Perros y Gatos. (s.f.). Recuperado 17 abril, 2019, de <https://www.clubdeperrosygatos.cl/categorias/saludy-bienestar/rehabilitacion/>

Prótesis por impresión 3D para mascotas - Impresoras 3D. (2016, 15 noviembre). Recuperado 22 mayo, 2019, de <http://imprimalia3d.com/noticias/2016/11/15/008232/pr-tesisimpresion-3d-mascotas>

Radio Bio Bio. (2018, noviembre 13). Cifras señalan que en Chile existen más 343 mil perros y gatos "sin dueño". Recuperado 24 de abril de 2020, de <http://www.diarioeldia.cl/region/cifras-senalan-que-en-chile-existen-mas-343-mil-perros-gatos-sin-dueno>

S.A.P., E. M. (2018, agosto 30). Radiografía a las mascotas en Chile: El 64% de los hogares tiene al menos una y la mayoría prefiere perros. Recuperado 24 de abril de 2020, de <https://www.emol.com/noticias/Tendencias/2018/08/30/918804/Mascotas-en-Chile-El-64-de-los-hogares-tiene-al-menos-una-y-la-mayoria-prefiere-perros.html>

Siit, B. D. C. N. (s. f.). Indicadores socio-demográficos y económicos Región Metropolitana. Recuperado 27 de abril de 2020, de <https://www.bcn.cl/siit/nuestropais/region13/indica.htm> SOCHITOV. (s.f.). Sociedad Chilena de Traumatología y

Ortopedia Veterinaria. Recuperado 17 abril, 2019, de <http://www.sochitov.cl/>

Solís, A. S. A. (2016, 26 septiembre). En Viña del Mar crean prótesis para rehabilitar a mascotas parapléjicas | soyvalparaiso.cl. Recuperado 17 abril, 2019, de <https://www.soychile.cl/Valparaiso/Sociedad/2016/09/26/420178/En-Vinadel-Mar-crean-protesis-para-rehabilitara-mascotas-paraplejicas.aspx>

Tele 13, T. E. L. E. 13. (2018, 19 abril). [VIDEO] Desarrollan prótesis con impresora 3D para chihuahua sin extremidades delanteras. Recuperado 22 mayo, 2019, de <https://www.t13.cl/noticia/tendencias/video-desarrollan-protesis-impresora3d-chihuahua-extremidades-delanteras>

T13. (2019, septiembre 20). T13 | Tele 13. Recuperado 24 de abril de 2020, de <https://www.t13.cl/noticia/nacional/cuantos-perros-y-cuantos-gatos-hay-registrados-chile-primer-catastro-revela-mayoria-canina>

Timperley, J. T. J. (2015, 26 diciembre). Mi mascota biónica. Recuperado 17 abril, 2019, de https://elpais.com/elpais/2015/12/21/ciencia/1450697616_012403.htm

Top 10 3D Model Databases: The Best Sites to Download 3D Models for 3D Printing. (2018, 28 junio). Recuperado 22 mayo, 2019, de <https://i.materialise.com/blog/en/3d-model-databases/>

Zink, C. Z. C., & Van Dyke, J. B. V. J. (2018). *Canine Sports Medicine and Rehabilitation* (2ª ed.). Nueva Jersey, Estados Unidos: Willy Blackwell.

Sabino, Carlos A. (1996): *El Proceso de Investigación*, Editorial Cometa de Papel, Colombia.

Falcón y Herrera (2005). "Análisis del ato Estadístico (Guía didáctica), Universidad Bolivariana de Venezuela, Caracas

García Ferrando, M. (1993). La Encuesta. En M. García Ferrando, J. Ibáñez y F. Alvira (Comp.), *El análisis de la realidad social. Métodos y técnicas de investigación*

Alarcón, J. (2020). El natural legado de Carmelo Di Bartolo a la cultura del proyecto en Concepción, Chile. *Bionica e Design*, 144-155. <https://doi.org/10.5151/9788580394207-11>

García-Lorente, José Antonio (2016). La ciencia de los principios y de las causas primeras en el libro primero de la Metafísica. *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía*, 33(1),11-31.[fecha de Consulta 29 de Septiembre de 2020]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3611/361146065001>

Alarcón J. (2003). *Biónica y Diseño Innovavo: el sector maderero y oportunidades para la generación de nuevos materiales*. Tesis magíster guiada por Carmelo Di Bartolo, Concepción, Chile. 350 pp.

Alarcón, J. (2017), *Entrevista a Carmelo Di Bartolo en Lüdum Design School*, Milán, Italia

Alarcón, J., Celaschi, F., & Celi, M. (2019). *Carmelo Di Bartolo y la cultura del proyecto en Chile*. Seminario Invesgación Diseño II. Concepción: Ediciones Universidad del Bío-Bío. pp10-16.

Di Bartolo, Carmelo. (1999). *Bionica: lo sviluppo naturale nel progeo*. Domus n° 818.

Di Bartolo, C. (2000). Naturaleza como modelo, naturaleza como sistema. *Experimenta Revista de Diseño y Comunicación para la Empresa*, n° 31, pp. 9-45

Di Bartolo, C.; Hennicke, J.; Nachgall, W.; Plasencia, C.; Songel, G. (2000). *La naturaleza como fuente de innovación*. Valencia: Editorial UPV

Di Bartolo, C.; Montanari, R. (2004). *Complejidad, diseño y sociedad*. Cuadernos de Diseño Pensar/Proyectar el Futuro. Madrid: Instuto Europeo de Diseño n° 1, p.87.

Lodato, F. (2000). *Biónica: la naturaleza como herramienta de innovación*. *Experimenta, Revista de Diseño y Comunicación para la Empresa*, n° 31.

Miralles, M.; Giuliano, G. (2008). *Biónica: eficacia versus eficiencia en la tecnología natural y arificial*. *Scienae Studia*, 6 (3), p.p. 359-369. [hp://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662008000300005](http://dx.doi.org/10.1590/S1678-31662008000300005)

Munari, B. (1990). *¿Cómo nacen los objetos?* Barcelona: Gustavo Gili.

Diseño para la fabricación y capacidad de fabricación (DFM) Término Definición. (s. f.). *Manufacturing Terms*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de [https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Design-for-Manufacturing-and-Manufacturability-\(DFM\).html#:~:text=\(1\)%20Dise%C3%B1o%20para%20la%20fabricaci%C3%B3n,sacrificar%20la%20calidad%20del%20producto](https://www.manufacturingterms.com/Spanish/Design-for-Manufacturing-and-Manufacturability-(DFM).html#:~:text=(1)%20Dise%C3%B1o%20para%20la%20fabricaci%C3%B3n,sacrificar%20la%20calidad%20del%20producto).

What is Design for Manufacturing (DFM)? (s. f.). *TWI*. Recuperado 4 de febrero de 2021, de <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-design-for-manufacture-dfm>

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a

En 2 Ruedas Ortopedia Canina y a su fundador el **Dr. Freddy Herrera**, por toda su asesoría, ayuda y paciencia, sin las cuales nada de este proyecto habría sido posible.

A **Luna** amiga y voluntaria canina, quien se encargó de poner a prueba este proyecto.

@AstronautaCl, por su ayuda en el trabajo de diseñar y comunicar todo esto y traspasarlo a una memoria.

Y a mi **Profesor guía**, por la confianza y disposición para llevar a cabo este proyecto.



UNIVERSIDAD DE CHILE



www.ortopediacanina.cl
09-98993797 / 032-3182991



