



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ASISTENCIA PARA
EXTREMIDADES DELANTERAS PARA UN CANINO CON CARENCIA DE
MOVILIDAD”**

AUTOR: Diego Sebastián Jácome Chávez

TUTOR: Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Febrero - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ASISTENCIA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS PARA UN CANINO CON CARENCIA DE MOVILIDAD”**, elaborado por el Sr. Diego Sebastián Jácome Chávez, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 0503268781, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad

Ambato, febrero 2024



Ing. Segundo Manuel Espín Lagos, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Diego Sebastián Jácome Chávez**, con C.I. 0503268781, declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ASISTENCIA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS PARA UN CANINO CON CARENCIA DE MOVILIDAD”**, así como también los análisis, proceso, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2024



Diego Sebastián Jácome Chávez

C.I. 0503268781

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2024



Diego Sebastián Jácome Chávez

C.I. 0503268781

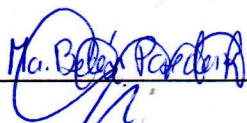
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Diego Sebastián Jácome Chávez de la Carrera de Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO DE ASISTENCIA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS PARA UN CANINO CON CARENCIA DE MOVILIDAD”**.

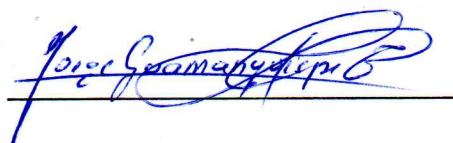
Ambato, febrero 2024

Para constancia firman:



Ing. María Belén Paredes Robalino, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A Dios por estar siempre en mi vida, bendiciéndome en cada paso que doy. Lleno de sabiduría y perseverancia.

A mis padres fuente de esfuerzo y sacrificio que han sido los cimientos plasmados en mi para conseguir este logro. A mis hermanos por su apoyo incondicional en todo momento.

A mi enamorada y amigos, cuya influencia me han enseñado a crecer personalmente por el camino del bien, siempre contando con cada uno de ellos.

A mis docentes, quienes dedicaron su tiempo a impartir sus conocimientos llenos de experiencia y sabiduría para irnos formando académicamente en el campo de la ingeniería mecánica.

Este trabajo de titulación está dedicado a todos ustedes, por ser parte fundamental de mi vida estudiantil. Que sea de inspiración para otros a seguir involucrándose en el campo de la investigación y desarrollo industrial.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi mas profundo agradecimiento a cada una de las personas que de una u otra manera me han apoyado en la realización del presente trabajo de titulación. Sin su apoyo incondicional no sería posible alcanzar este logro.

Primeramente, agradezco a Dios por cada una de sus bendiciones derramadas sobre mi vida, por acompañarme en cada momento, sin desampararme y poder caminar de su mano tranquilo y seguro; manteniendo en firme que todo es posible estando en la presencia de Dios.

A mis padres Carlos y Carmita, como no agradecerles por ser la piedra fundamental de la familia, siempre con una palabra de aliento para que cada día nos superemos un poco más. Fuente de amor y sobre todo de constante apoyo por ver crecer personal y académicamente a sus hijos. A mis hermanos Cristina, Vicky y Juan, agradecerles por siempre estar ahí animándome a no decaer hasta ver hecho realidad mis sueños.

A mi enamorada Estefanía, agradecerle por su apoyo incondicional en cada momento y situación que se fueron desarrollando a lo largo del trabajo de titulación. Te has convertido en un ser importante en mi vida y agradezco tu perseverancia por tomarme de la mano y levantarme a seguir caminando.

A mis amigos, quienes han sido las personas con las que hemos recorrido esta larga travesía llamada universidad, juntos hemos convivido momentos de estudio, alegrías, tristezas y sobre todo de perseverancia por ir creciendo académicamente.

A mi Tutor, el Ingeniero Segundo Espín agradecerle por sus conocimientos impartidos hacia mi persona, para que este trabajo de titulación salga adelante y poder apoyarme de el para graduarme como Ingeniero Mecánico.

Agradezco a la Fundación “Paquito” por abrirme sus puertas y poder conocer el caso de Neno, un profundo agradecimiento a la directora Sandrita, por sus buenas palabras de aliento para que Neno pueda moverse adecuadamente y cambie su condición de vida.

¡Gracias de todo corazón!

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xvi
RESUMEN EJECUTIVO	xvii
ABSTRACT.....	xviii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Antecedentes Investigativos	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Fundamento Teórico	3
1.3.1. Can o perro.....	3
1.3.2. Anatomía Canina.....	4
1.3.3. Esqueleto.....	4
1.3.4. Miembro Anterior.....	5
1.3.4.1. Escápula.....	5
1.3.4.2. Húmero	6
1.3.4.3. Radio y Cúbito.....	7

1.3.4.4.	Carpo y Metacarpo	7
1.3.4.5.	Falanges.....	8
1.3.4.6.	Costillas.....	9
1.3.5.	Biomecánica de cuadrúpedos.....	9
1.3.6.	Zoometría canina	10
1.3.7.	Discapacidad canina	11
1.3.7.1.	Deformaciones en extremidades delanteras	11
a.	Deformidades angulares	11
1.3.8.	Silla de ruedas como dispositivo de asistencia para canes	12
1.3.9.	Dispositivos de asistencia aplicados en extremidades delanteras.....	12
a.	Caso Mia.....	13
b.	Caso TurboRoo	13
c.	Caso Tomasa	14
1.3.10.	Diseño en la ingeniería.....	14
1.3.11.	Procesos de Manufactura	15
1.3.11.1.	Manufactura aditiva	15
1.3.11.2.	Manufactura Sustractiva	15
1.3.11.3.	Manufactura Formativa.....	16
1.3.11.4.	Parámetros de impresión 3D.....	17
a.	Densidad de relleno	17
b.	Patrón de relleno	18
c.	Orientación de impresión.....	18
1.3.12.	Filamentos en impresión en 3D	19
a.	Filamento PLA.....	19
b.	Filamento ABS.....	19
c.	Filamento PETG	20
d.	Filamento ASA	21

1.3.13.	Adaptación del can.....	21
1.3.14.	Parámetros generales de diseño	22
a.	Cálculo del peso.....	22
b.	Cálculo del esfuerzo.....	22
c.	Cálculo del Factor de Seguridad.....	22
d.	Esfuerzo Cortante	22
1.4.	Objetivos	23
1.4.1.	Objetivo General.....	23
1.4.2.	Objetivos Específicos	23
CAPITULO II		24
METODOLOGÍA		24
2.1.	Materiales	24
2.1.1.	Equipos e instrumentos	24
2.2.	Métodos	27
2.2.1.	Bibliográfico	27
2.2.2.	Experimental	28
2.2.3.	Cuantitativo	28
2.2.4.	Descriptivo	28
2.2.5.	Exploratorio.....	28
2.2.6.	Explicativo	28
2.3.	Diagrama de flujo general del diseño y construcción de dispositivo de asistencia para extremidades delanteras.....	29
2.3.1.	Diagrama de flujo del diseño del dispositivo de asistencia	31
2.3.2.	Diagrama de flujo de la construcción y ensamble del dispositivo de asistencia	32
2.4.	Estudio y selección de alternativas.....	34
2.4.1.	Ponderación de alternativas.....	34

2.4.2.	Alternativas de dispositivos de asistencia aplicados en extremidades caninas.	35
2.4.3.	Selección del dispositivo de asistencia para extremidades delanteras.	36
2.4.4.	Alternativas de proceso de manufactura	37
2.4.5.	Selección del proceso de manufactura	37
2.4.6.	Alternativas del filamento de impresión 3D	38
2.4.7.	Selección del filamento de impresión 3D	39
2.4.8.	Resumen de alternativas seleccionadas.....	40
CAPÍTULO III		41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		41
3.1.	Identificación de la necesidad del can	41
3.2.	Requerimientos y mediciones del can	41
3.3.	Cálculos	42
3.3.1.	Cálculo del peso del can.....	42
3.3.2.	Cálculo de la Pechera	43
a.	Selección de espesor de la Pechera.....	43
b.	Esfuerzo de la pechera	44
c.	Interior de la pechera	44
d.	Base de la Pechera	48
3.3.3.	Cálculo de la estructura	50
3.3.3.1.	Cálculo de las reacciones	51
3.3.3.2.	Cálculo de reacciones en la parte delantera de la estructura	52
3.3.3.3.	Diseño del eje	56
a.	Selección del eje	56
b.	Diámetro del eje.....	57
3.3.3.4.	Cálculo de resistencia del eje como pasador en la parte posterior de la estructura	62

3.3.3.5.	Cálculo del esfuerzo-deformación de la estructura	64
3.3.3.6.	Diámetro de las ruedas	66
a.	Ruedas Grandes	67
b.	Rueda pequeña.....	68
3.3.3.7.	Selección de los tornillos, tuercas y arandelas de sujeción	68
3.3.3.8.	Selección del anillo de retención.....	70
3.4.	Sujeciones.....	71
3.5.	Ergonomía	71
3.6.	Proceso de diseño y modelado	72
3.7.	Proceso de Construcción	74
3.8.	Proceso de Postprocesado	77
3.9.	Proceso de Ensamble.....	78
3.10.	Evaluación y pruebas de funcionamiento del dispositivo de asistencia aplicados en el can	79
3.11.	Análisis económico.....	82
3.11.1.	Costos de Insumos.....	82
3.11.2.	Costos de Materia prima.....	83
3.11.3.	Costos de maquinado.....	83
3.11.4.	Costos de mano de obra.....	84
3.11.5.	Costo total de fabricación.....	85
CAPÍTULO IV.....		86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		86
4.1.	Conclusiones	86
4.2.	Recomendaciones.....	87
BIBLIOGRAFÍA		88
ANEXOS		91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ANATOMÍA DEL PERRO [8].....	4
FIGURA 2. PARTES QUE CONFORMAN EL MIEMBRO ANTERIOR [8].	5
FIGURA 3. PARTES DE LA ESCÁPULA [8].....	6
FIGURA 4. HUESO HÚMERO DE LADO IZQUIERDO [8].	6
FIGURA 5. ARTICULACIÓN DE RADIO Y CÚBITO POR SUS EXTREMOS [8].....	7
FIGURA 6. REPRESENTACIÓN DE LOS HUESOS CARPIANOS, METACARPIANOS Y FALANGES [8].....	8
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓN DE LAS FALANGES [8].....	8
FIGURA 8. COSTILLAS EN QUILLA DE UNA CANINO [8].....	9
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓN DEL PESO EN UN CAN [12].	10
FIGURA 10. ZOMETRÍA CANINA [13].....	11
FIGURA 11. LESIÓN EN LA EPÍFISIS DISTAL DEL CÚBITO [15].	12
FIGURA 12. CASO MÍA [17].	13
FIGURA 13. CASO TURBOROO [18].	14
FIGURA 14. CASO TOMASA [19].	14
FIGURA 15. FABRICACIÓN ADITIVA [21].....	15
FIGURA 16. MANUFACTURA SUSTRACTIVA [21].	16
FIGURA 17. MANUFACTURA FORMATIVA [21].....	17
FIGURA 18. DENSIDAD DE RELLENO [22].....	17
FIGURA 19. GIROIDE COMO PATRÓN DE RELLENO [23].....	18
FIGURA 20. ORIENTACIÓN DE IMPRESIÓN 3D [24].	18
FIGURA 21. CONDICIÓN FÍSICA DE NENO.	41
FIGURA 22. DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DE LA PECHERA.	49
FIGURA 23. MODELADO DE LA ESTRUCTURA.....	51
FIGURA 24. DIMENSIONAMIENTO Y DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LA ESTRUCTURA.	51
FIGURA 25. DIMENSIONAMIENTO DE LA PARTE DELANTERA DE LA ESTRUCTURA.	53
FIGURA 26. REPRESENTACIÓN DE REACCIONES EN EL EJE.....	54
FIGURA 27. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE Y ANÁLISIS DE FUERZAS.	55
FIGURA 28. DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE.	55
FIGURA 29. DIAGRAMA DE MOMENTO.	56
FIGURA 30. SELECCIÓN DEL DIÁMETRO DEL EJE SAE 1018.....	57

FIGURA 31. LÍMITE DE RESISTENCIA A FATIGA [20].	59
FIGURA 32. FACTOR DE SUPERFICIE [20].	60
FIGURA 33. FACTOR DE TAMAÑO [20].	60
FIGURA 34. FACTOR DE CARGA [20].	61
FIGURA 35. REPRESENTACIÓN DE REACCIONES DE LA PARTE TRASERA DE LA ESTRUCTURA.	62
FIGURA 36. REPRESENTACIÓN DE RECCIONES EN EL EJE TRASERO.	63
FIGURA 37. SIMULACIÓN DEL ESFUERZO EN LA ESTRUCTURA.	65
FIGURA 38. SIMULACIÓN DE LA DEFORMACIÓN DE LA ESTRUCTURA.	66
FIGURA 39. DIÁMETRO DE LAS RUEDAS ACORDE AL PESO DEL CAN [32].	67
FIGURA 40. REPRESENTACIÓN DE LA UNIÓN DE LA PECHERA CON LA ESTRUCTURA.	69
FIGURA 41. SELECCIÓN DE TORNILLOS.	70
FIGURA 42. SELECCIÓN DE ANILLOS DE RETENCIÓN.	70

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. PROPIEDADES DEL FILAMENTO PLA [25].	19
TABLA 2. PROPIEDADES DEL FILAMENTO ABS [26].	20
TABLA 3. PROPIEDADES DEL FILAMENTO PETG [27].	20
TABLA 4. PROPIEDADES DEL FILAMENTO ASA [28].	21
TABLA 5. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS.	24
TABLA 6. VALORES DE PONDERACIÓN.	35
TABLA 7. ALTERNATIVAS DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA (SILLA DE RUEDAS) [17], [18], [19].	35
TABLA 8. PONDERACIÓN DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA PARA EXTREMIDADES DELANTERAS.	36
TABLA 9. ALTERNATIVAS DE PROCESOS DE MANUFACTURA [21].	37
TABLA 10. PONDERACIÓN DEL PROCESO DE MANUFACTURA.	38
TABLA 11. ALTERNATIVAS DE FILAMENTOS DE IMPRESIÓN 3D [25], [26], [27], [28].	38
TABLA 12. PONDERACIÓN DE LOS FILAMENTOS DE IMPRESIÓN EN 3D.	39
TABLA 13. ALTERNATIVAS SELECCIONADAS.	40
TABLA 14. MEDIDAS DEL CAN.	41
TABLA 15. SELECCIÓN DEL ESPESOR DE LA PECHERA.	43
TABLA 16. ÁREAS INTERNAS DE LA PECHERA.	45
TABLA 17. ESPECIFICACIONES DE LA RUEDA DELANTERA.	67
TABLA 18. ESPECIFICACIONES DE LA RUEDA TRASERA.	68
TABLA 19. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA.	72
TABLA 20. PROCESO DE MANUFACTURA DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA.	75
TABLA 21. PROCESO DE POSTPROCESADO DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA.	77
TABLA 22. PROCESO DE ENSAMBLE DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA.	78
TABLA 23. FICHA DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA.	80
TABLA 24. COSTOS DE INSUMOS.	82
TABLA 25. COSTOS DE MATERIA PRIMA.	83
TABLA 26. COSTOS POR HORA.	84
TABLA 27. COSTO POR MAQUINADO.	84
TABLA 28. COSTOS DE MANO DE OBRA.	85
TABLA 29. COSTOS TOTALES DE FABRICACIÓN.	85

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1. GENERAL	31
DIAGRAMA 2. DISEÑO.	32
DIAGRAMA 3. CONSTRUCCIÓN Y MANUFACTURA.	34

RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad, los problemas de malformación o amputación en extremidades de animales han venido creciendo debido a que no existe en el mercado local dispositivos protésicos que cubran con esta problemática. En Ecuador, ha sido muy poca la acogida de implementos médicos veterinarios que sustituyen a una extremidad o que brinden asistencia a un animal que lo requiera. Esto se debe a los elevados costos que se necesita para la fabricación de un dispositivo de asistencia, por tal motivo las personas pierden el deseo de cuidar a sus mascotas y optan por sacrificarlas o dejarlas en el abandono.

El proyecto técnico se enfocó principalmente en el diseño y construcción de un dispositivo de asistencia tipo silla de ruedas para un can que presenta una malformación en sus dos extremidades delanteras, dejándolo sin la capacidad de poderse mover adecuadamente, de manera que se realizó un estudio de las alternativas de dispositivos de asistencia existentes y se verificaron las principales características que una silla de ruedas debe poseer para que el can beneficiario pueda acoplarse sin dificultad alguna; se implementó el uso de la impresión en 3D para la fabricación del dispositivo de asistencia, donde se evaluó el porcentaje de relleno, el material de impresión y la orientación en la que un elemento debe imprimirse para que adquiriera excelentes propiedades mecánicas.

Dando como resultado una silla de ruedas resistente, ergonómica y adaptable. La misma que fue evaluada y aprobada por un médico veterinario a través de una ficha técnica.

Palabras clave: movilidad, dispositivo de asistencia, malformación, ruedas, impresión 3D, esfuerzos de deformación, canino, carencia de movilidad.

ABSTRACT

Currently, the problems of malformation or amputation in animal limbs have been growing due to the fact that there are no prosthetic devices in the local market that cover this problem. In Ecuador, there has been very little acceptance of veterinary medical devices that replace a limb or provide assistance to an animal that requires it. This is due to the high costs required for the manufacture of an assistance device, for this reason people lose the desire to care for their pets and choose to sacrifice them or leave them abandoned.

The technical project focused mainly on the design and construction of a wheelchair-type assistive device for a dog that has a malformation in its two front limbs, leaving it without the ability to move properly, so that a study of the alternatives of existing assistive devices was conducted and the main characteristics that a wheelchair should have so that the beneficiary dog can be coupled without any difficulty were verified; The use of 3D printing was implemented for the manufacture of the assistive device, where the percentage of filling, the printing material and the orientation in which an element must be printed to acquire excellent mechanical properties were evaluated.

The result was a resistant, ergonomic and adaptable wheelchair. This wheelchair was evaluated and approved by a veterinarian through a technical data sheet.

Keywords: mobility, assistive device, malformation, wheels, 3D printing, deformation stresses, canine, lack of mobility.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

En la investigación elaborada por Paul Arauz, Patricio Chiriboga, María García, Imin Kao y Eduardo Díaz (2021), con el tema “New technologies applied to canine limb prostheses”, redactan que en la actualidad el interés por el desarrollo de prótesis para extremidades caninas y sistemas de asistencia es uno de los temas tratados por la medicina veterinaria con la ayuda de alternativas tecnológicas avanzadas, las cuales son diseño y modelado asistido por computadora y aplicación de procesos biomecánicos de fabricación mediante mecanizados, infusión al vacío, impresión 3D, inyección, etc., se pueda obtener prótesis o dispositivos de asistencia de acuerdo a las medidas y necesidades exactas del animal, con el objetivo de omitir la opción de un sacrificio y ofrecer una amputación de las extremidades en el mayor de los casos y reemplazo de las mismas con prótesis, para la restauración de la función normal de las extremidades con métodos de rehabilitación y adaptación [1].

En el trabajo desarrollado por Mariana Rojas y Laura Walker (2012), con el tema “Malformaciones Congénitas: Aspectos Generales y Genéticos”, se detalla que el 10% de las malformaciones en el mundo se dan por causas ambientales, el 25% por factores genéticos en la etapa teratógena donde la mayor parte de órganos y sistemas se están formando en el periodo de gestación y el 65% se da por factores multifuncionales como accidentes y enfermedades catastróficas o leves. Las malformaciones son muy complicadas de establecer ya que se deben a factores genéticos asemejados a defectos del tubo neural o un síndrome de CHARGE, los cuales alternan los genes del feto, en muchos de los casos los animales que nacen con este tipo de condiciones son sacrificados o se adaptan a su condición de vida, como es el caso de animales sin extremidades traseras o delanteras, pero a lo largo de su vida desarrollan deformaciones o desviaciones de la columna vertebral [2].

Según el artículo científico de los autores Ángel César, Anell Olivos, Carlos Landa, Víctor Cárdenas, Phaedra Silva, Carlos Suárez, Brenda Olivos y José Ibarra, (2018), con el tema: “Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina”, redactan que la tecnología por adición se volvió una opción de prototipado

inmediato que se puede aplicar a todas las áreas de la ciencia e industria, brindando ayuda indispensable a la medicina para todo ser vivo, bajo el proceso de bioimpresión 3D, formando extremidades, órganos, tejidos, dispositivos de asistencia y prótesis personalizadas, mediante la utilización de un equipo y software especializado, donde a partir de las necesidades del paciente se crea un diseño y modelo tridimensional, el cual la impresora reconoce el código y empieza el proceso de construcción por adición “capa por capa” con el material seleccionado (filamentos de fibras, polímeros o metales). Para un proceso de impresión 3D es importante estudiar y conservar en su totalidad la anatomía del paciente [3].

En la investigación realizada por Cara Blake, Scott Birch y João Brandão, (2019), con el tema: “Medical Three-Dimensional Printing in Zoological Medicine”, afirman que, para la modelación de un diseño tridimensional anatómico biológico es importante desarrollar una secuencia de actividades con la utilización de aplicaciones de software (diseño asistido por computadora), debido a que se requiere una codificación para que una impresora 3D especializada cree el modelo anatómico. La impresión 3D ha creado un amplio campo en la medicina humana y veterinaria debido a su capacidad de poder desarrollar prótesis, implantes, instrumentación quirúrgica, modelos anatómicos, sistemas de asistencia, tejidos, órganos, etc. En el campo de la veterinaria la impresión tridimensional ha sido aplicada en especies no tradicionales, pero los casos con un mayor índice de atención son los perros y gatos debido a su capacidad de adaptación [4].

De acuerdo con el artículo científico de Pınar YILGÖR HURİ, Çağdaş OTO (2021), redactan los principios básicos de la tecnología por adición (3D) y aplicaciones en el campo educativo, experimental y medicina veterinaria, detallando que el aumento de la aplicación del proceso de impresión en 3D, es un avance tecnológico que el campo de la medicina está aprovechando al máximo, debido al prototipado inmediato y conformado de componentes funcionales gracias a la gran variedad de materiales para el conformado, los cuales llegan a ser no tóxicos al estar en contacto directo con un ser vivo. El artículo afirma que para un modelado se puede hacer uso de programas CAD y toma de medidas especificadas, reconstrucción de datos mediante imágenes transversales, resonancias magnéticas, ultrasonidos, rayos X o escáneres de superficies en 3D [5].

1.2. Justificación

Al igual que los humanos, los animales también tienen el derecho de tener una vida plena y cómoda. Sin embargo, en Ecuador la implementación de prótesis no tiene mucha acogida a pesar de tantos animales que nacen con malformaciones, sin extremidades tanto traseras como delanteras o las pierden a causa de accidentes o enfermedades irreversibles. Dentro del país, existe un déficit en el mercado veterinario referente a la fabricación de prótesis o dispositivos de asistencia. Otro de los inconvenientes es la recepción del país que aún sigue siendo limitada por los elevados precios que demandan estos productos, motivo por el cual las personas no presentan el deseo de cuidar o adoptar mascotas con discapacidad, lo que causa un tipo de discriminación para estos seres vivos [6].

Los materiales que se utilizan para la realización de prótesis son diversos, pero usualmente la gran parte de estos productos son fabricados con aluminio, termoplásticos, polímeros, madera incluso metales. Aplicados en la estructura principal, componentes y accesorios complementarios, todo en dependencia de las condiciones y especificaciones en las que se encuentra el animal para el que se va a diseñar la prótesis o silla de ruedas. Teniendo en consideración todas las características y medidas necesarias, ya que al diseñar sin tomar en cuenta los aspectos mencionados puede provocar otro tipo de problemas como es la fatiga, incomodidad, dolor, heridas o aceleración de un proceso de desviación columnar.

El trabajo de investigación se centra en el desarrollo y estudio de los parámetros necesarios para la ejecución del diseño de un dispositivo de asistencia destinado hacia can. Para esto se puede aprovechar los laboratorios de Ingeniería Mecánica donde cuentan con los equipos necesarios para la impresión en 3D, lo que hace facultativo la reducción de gastos que representa el diseño y construcción de una prótesis de extremidades delanteras.

1.3. Fundamento Teórico

1.3.1. Can o perro

Animal doméstico que por naturaleza es mamífero y forma parte de la familia de los cánidos. Este animal se diferencia por los rasgos distintivos que tiene cada raza canina como, por ejemplo: su pelaje o también su tamaño. La edad promedio de vida que tiene estos seres vivos ronda alrededor de 10 a 15 años. Además, se caracteriza por tener un

agudo sentido del olfato y del oído, debido a su notable inteligencia también se le considera como un ser fiel por su gran capacidad de demostrar afectividad [7].

1.3.2. Anatomía Canina

Es la ciencia biológica que maneja la estructura de los organismos y se encuentra atada a la fisiología, la cual detalla las funciones que cumplen en el cuerpo del ser vivo. De tal manera que se especifica el nombre y donde se encuentran localizados los huesos que constituye el esqueleto completo del perro como se puede observar en la Figura 1. [8].

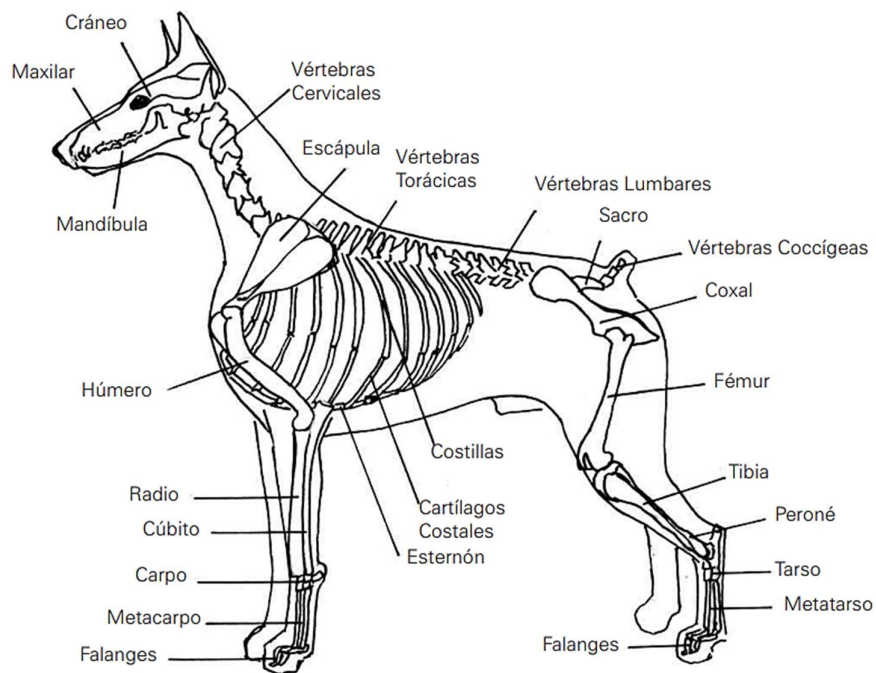


Figura 1. Anatomía del perro [8].

1.3.3. Esqueleto

Conjunto de huesos rígidos que forman una especie de armadura, con la finalidad de brindar protección y soporte a los tejidos blandos y a los órganos internos. De este modo el esqueleto puede subdividirse en esqueleto axial, esqueleto apendicular y esqueleto visceral. Cada uno de ellos cubre cierta parte del esqueleto total, como es el caso del esqueleto apendicular, el cual comprende los huesos de los miembros anteriores como posteriores [8].

1.3.4. Miembro Anterior

El perro al ser un animal cuadrúpedo posee dos miembros anteriores o también conocidos como extremidades delanteras. La función primordial que cumplen estos miembros son en la locomoción animal, es decir en la acción de querer trasladarse de un lugar a otro [9]. Por lo tanto, el miembro anterior se encuentra conformado por cuatro secciones:

- **Cinturón escapular:** se sitúa la escápula
- **Brazo:** se sitúa el hueso húmero
- **Antebrazo:** se sitúa los huesos radio y cúbito
- **Mano:** se sitúan los huesos carpo, metacarpo y falanges.

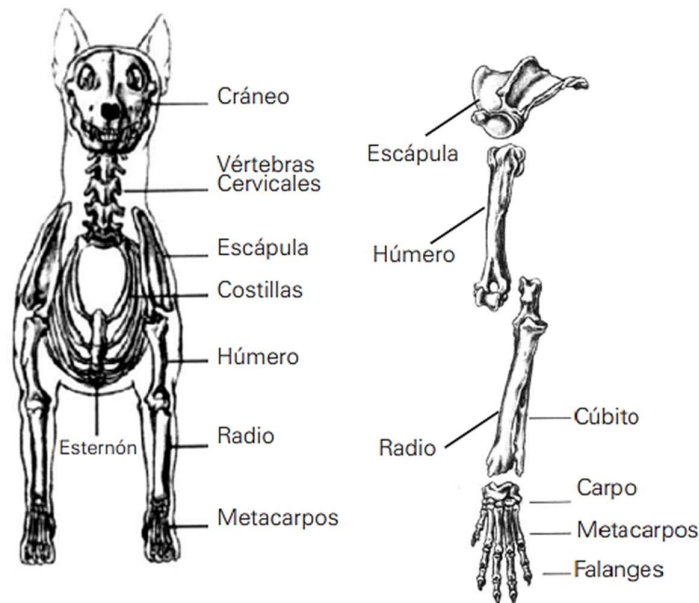


Figura 2. Partes que conforman el miembro anterior [8].

1.3.4.1. Escápula

Hueso óseo de singular aspecto semejante a un triángulo aplanado, está compuesto por dos caras tanto interna como externa. La cara interna mantiene contacto con las costillas e incluso es empleada para la inserción del músculo subescapular. Se encuentra posicionada a 45° respecto a la línea superior. Por parte de la cara externa justo en el borde superior en perspectiva hacia el ángulo inferior se puede destacar una prominencia que se le conoce como espina, la cual divide a la escápula en dos fosas cada una con su respectivo nombre supra e infra espinosos [10].

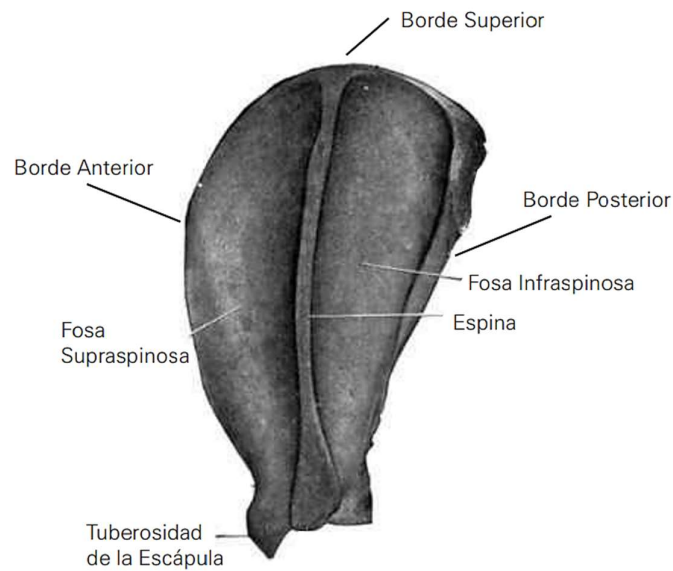


Figura 3. Partes de la escápula [8].

1.3.4.2. Húmero

Hueso alargado que mantiene en su extremo superior una superficie que le permite formar una articulación con la escápula denominada escápulo - humeral. A esta articulación se la conoce con el nombre de hombro. Además, en la parte inferior el extremo se llegar a formar otra articulación, en cambio esta es por el contacto que existe con el radio y el cúbito esta nueva articulación formada se denomina húmero radio – cubital o también conocida como codo [10].



Figura 4. Hueso húmero de lado izquierdo [8].

1.3.4.3. Radio y Cúbito

Huesos óseos alargados característicos debido a que el cúbito se encuentra por la parte trasera mientras que el radio al contrario por la parte delantera. Sin embargo, los dos huesos se mantienen unidos por la articulación que forman en la parte superior con el húmero, asimismo al estar articulado el cúbito presenta una gran prominencia en la parte superior y hacia atrás del mismo se designa como olécranon.

En el otro extremo se encuentran en contacto a través de una articulación con los huesos del carpo y forman en la base el antebrazo [10].



Figura 5. Articulación de radio y cúbito por sus extremos [8].

1.3.4.4. Carpo y Metacarpo

Son siete huesos a los que se les consideran carpo, tres de ellos se encuentran ubicados en fila proximalmente y los otros cuatro restantes se encuentran posicionados distalmente. Dichos huesos se articulan de dos maneras, la primera es por la parte superior con los huesos radio y cúbito; la segunda es por la parte inferior en cambio conectados con los metacarpianos [10].

Los metacarpianos se dividen en cinco, con la singularidad de que el primero es considerado como el más corto, con relación al tercero y al cuarto que son los más largos. Estos huesos se articulan en dos secciones; por la parte superior con la hilera inferior de los huesos del carpo y por la parte inferior con las falanges [10].

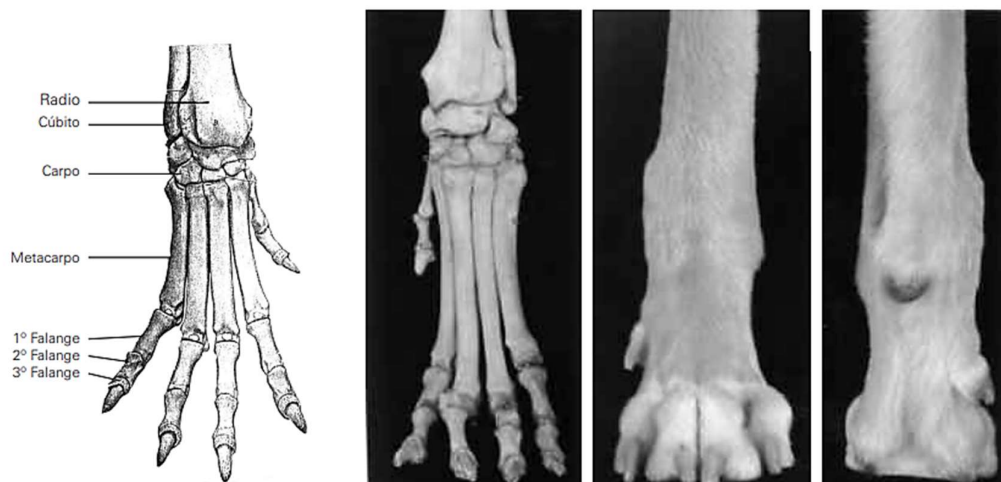


Figura 6. Representación de los huesos carpianos, metacarpianos y falanges [8].

1.3.4.5. Falanges

Los canes poseen cinco dedos donde cuatro de ellos tienen tres falanges y uno solo tiene dos falanges. Esto se debe a que es demasiado corto, por este motivo muchos especialistas en la medicina veterinaria adoptan la opción de extraerlo por temas de estética que se maneja en algunas razas caninas. Además, en la parte inferior de la pata se encuentra una especie de almohadilla carnosa para cada dedo e incluso en el carpo [10].

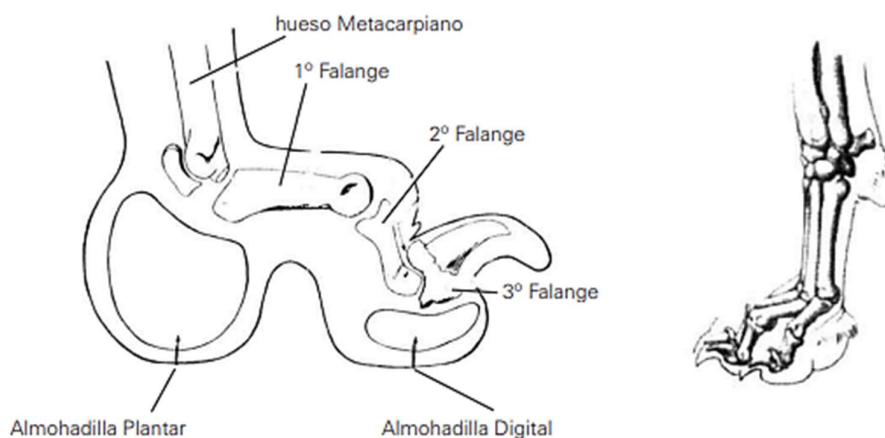


Figura 7. Distribución de las falanges [8].

1.3.4.6. Costillas

El arco costal de un can está conformado por trece pares de costillas, las que se encuentran articuladas por las vértebras dorsales en la parte superior y con el esternón en la parte inferior. El ancho del pecho depende principalmente del arqueado de las costillas, esto con relación al tipo de costillas que poseen los canes [8]. A continuación, se detalla el tipo de costillas que tiene el can a estudio:

- Costillas en quilla: Su curvatura se la puede categorizar como normal las 2/3 partes, posterior a ello desciende hacia el esternón y la figura con la que se le relaciona es con un corazón viéndolo transversalmente al tórax completo [8].

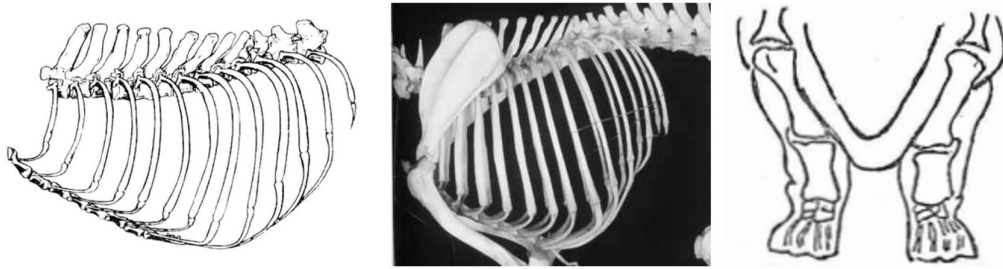


Figura 8. Costillas en quilla de una canino [8].

1.3.5. Biomecánica de cuadrúpedos

Es la disciplina que analiza las fuerzas y aceleraciones que son ejercidas en el sistema músculo-esqueleto de los seres vivos como consecuencia del movimiento realizado. En este caso a los huesos de los canes se los puede llegar a considerar como barras sólidas o si es necesario que dispongan de alguna cavidad transversal. De tal manera que se aplicará las cargas obtenidas para determinar su comportamiento hasta la instancia de deformación o fractura [11].

Dentro de la biomecánica de los animales se puede considerar que en los canes su peso lo distribuye entre dos zonas. La zona anterior es la encargada de soportar el peso de la cabeza y de la caja torácica lo que conlleva a un porcentaje del 60% del peso total del can. Por otro lado, en la zona trasera le corresponde el 40% restante del peso. De manera que cuando existe una amputación las extremidades restantes son afectadas debido a que el peso no se distribuye de forma adecuada y puede llegar a generar enfermedades o deformidades[12].

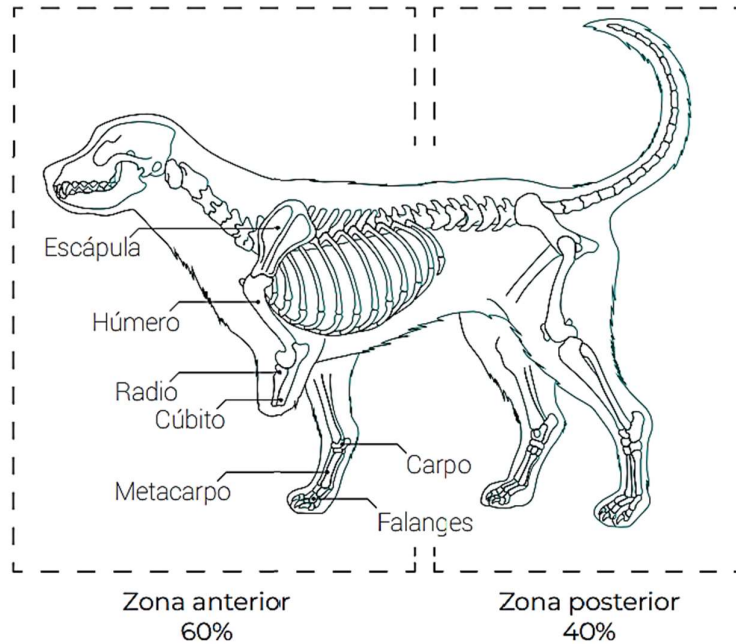


Figura 9. Distribución del peso en un can [12].

1.3.6. Zoometría canina

Es el ámbito que se especializa en medir las regiones corporales externas de los canes, es decir que a través de mediciones cuantitativas se puede dimensionar las partes fundamentales como por ejemplo: las extremidades, el tronco y la cabeza [9]. Existen tablas que categorizan a los animales según su peso, tamaño y en ciertas ocasiones por su raza. Sin embargo, los veterinarios destacan que es mucho mejor obtener las medidas a partir del animal a estudio, debido a que esto conlleva a una mejor adecuación de una prótesis, órtesis o en el caso de una silla de ruedas. Como se puede observar en la Figura 10. son las mediciones idóneas que se le puede tomar a un can para un dispositivo de asistencia o silla de ruedas [13].

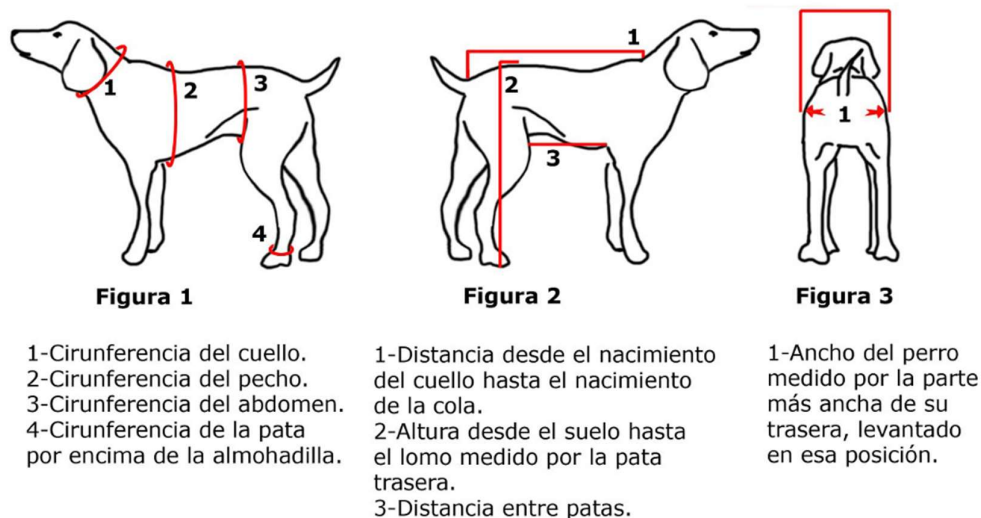


Figura 10. Zoometría canina [13].

1.3.7. Discapacidad canina

En el mundo existen canes que presentan complicaciones ya sean físicas, visuales o incluso auditivas, esto debido a problemas genéticos o también ocasionados por accidentes. Ciertamente sus dueños tratan de darles una mejor calidad de vida a pesar de la dificultad que tienen, pero esto al pasar el tiempo se trastorna muy costoso por el cuidado y los equipos ortopédicos que se requiere. De tal manera que optan por la opción de abandonarlos, dejarlos en fundaciones o en el peor de los casos sacrificarlos. Como consecuencia de esto los canes que presentan una discapacidad tienen menores oportunidades de ser adoptados por el compromiso que demanda su cuidado [13].

1.3.7.1. Deformaciones en extremidades delanteras

El desarrollo de las extremidades es afectado por trastornos óseos debido a problemas genéticos, congénitos y también por la carencia de nutrientes necesarios para su formación. Por tal razón, los traumatismos impiden que se genere cartílago desencadenando deformaciones angulares [14].

a. Deformidades angulares

Se producen por la variación de líneas de crecimiento conllevando a que las placas de crecimiento se cierren prematuramente, esto depende del tipo de raza del can o la edad en la que se encuentre. Además, cuando esta enfermedad se desarrolla los huesos que tienden a sufrir lesiones son el radio y cúbito, ya que forman parte de las placas de crecimiento. De tal manera que se genera una lesión de la epífisis distal del cúbito, es

decir, esta se cierre prematuramente y deja de crecer por lo que se encuentra arrinconada entre el humero y el carpo, como consecuencia a esto el radio sigue con su crecimiento pero toma una nueva curvatura[15].



Figura 11. Lesión en la epífisis distal del cúbito [15].

1.3.8. Silla de ruedas como dispositivo de asistencia para canes

La silla de ruedas es considerada un dispositivo de apoyo hacia el can que ha sufrido repentinamente una mala formación o una amputación de dos extremidades, pueden ser delanteras o traseras. Este tipo de dispositivo de asistencia brinda soporte a la anatomía del can proporcionándole la capacidad de moverse libremente. Incluso existen silla de ruedas con soporte completo, las cuales son destinadas para la rehabilitación de extremidades en el caso de atrofia las mismas [16].

1.3.9. Dispositivos de asistencia aplicados en extremidades delanteras

En este apartado se detallan tres casos de canes que presentan la misma discapacidad en la zona anterior, pero con diferentes causas por las cuales se generó la discapacidad de movimiento, por esa razón a los canes se les implemento diferentes dispositivos protésicos (sillas de ruedas) para que puedan recuperar su movilidad.

a. Caso Mia

Mía es una perrita que sufrió un accidente donde desafortunadamente tuvieron que amputarles las dos extremidades delanteras, dejándola discapacitada en su movilidad. Sus dueños decidieron brindarle una segunda oportunidad de vida ayudándole con una silla de ruedas completa para extremidades delanteras. Mía pudo recuperar su movilidad gracias a la ayuda del dispositivo protésico[17].



Figura 12. Caso Mía [17].

b. Caso TurboRoo

TurboRoo es un chihuahua que desde su nacimiento viene padeciendo una discapacidad en su movilidad, esto se debe a que nació sin dos extremidades delanteras por lo que es considerado que tuvo complicaciones genéticas que le produjeron dicha discapacidad. Sus dueños lo llevaron a un centro médico veterinario para que lo examinaran porque había la ligera sospecha de que esté ciego, por lo que los veterinarios les recomendó practicar la eutanasia en TurboRoo. Sin embargo, sus dueños se negaron a dormirle y decidieron cuidarle a pesar de sus complicaciones. TurboRoo fue creciendo y recuperó la visión lo que animó mucho más a sus dueños en su cuidado, pero lamentablemente su movilidad no se podía contrarrestar, por lo tanto, optaron por adquirir una silla de ruedas para que pueda movilizarse.



Figura 13. Caso TurboRoo [18].

c. Caso Tomasa

Tomasa es una perrita de raza pequeña que tiene una malformación en sus dos patitas delanteras, los médicos después de un exhaustivo chequeo determinaron que es producto de una mala formación genética, las extremidades de Tomasa se desarrollaban normalmente, pero luego llegó a un punto donde se comenzaron a deformarse dejándola sin apoyo en la parte anterior. Su dueña al ver este acontecimiento optó por adquirir una silla de ruedas adaptándole a las necesidades de Tomasa por recuperar su movilidad de manera independiente.



Figura 14. Caso Tomasa [19].

1.3.10. Diseño en la ingeniería

El diseño se basa netamente en proponer una estrategia que brinde una solución a una problemática que aqueja a determinado sector, donde se produce la toma de decisiones para la creación del algún producto o componente físico en base a determinadas normas

o códigos. Los mismos que deben ser elementos confiables, seguros, competitivos, comerciables y sobre todo funcionales [20].

Todo parte del bosquejo de un componente o elemento con la idea de posteriormente materializarlo a través de alguna técnica de manufactura, para esto se emplean herramientas computacionales que facilitan el modelado tridimensional de objetos a partir de geometrías. A esto se lo conoce como diseño asistido por computador CAD, el cual permite realizar modelos sólidos o de superficie[20].

1.3.11. Procesos de Manufactura

En la industria se emplean varios métodos o procesos de manufactura con el objetivo de transformar la materia prima en elementos funcionales, de tal forma que se los pueden clasificar en tres grupos de gran relevancia.

1.3.11.1. Manufactura aditiva

Es el proceso de fabricación por deposición de material fundido, conocido comúnmente como impresión en 3D, donde el elemento se va conformando capa por capa hasta completar la geometría deseada. De qué manera se logra obtener geometrías complejas sin problema alguno. Además, este tipo de manufactura cuenta con varias técnicas de fabricación en 3D, las cuales pueden imprimir componentes empleado diversos materiales, siendo una metodología de bajo costo debido a que no depende de costosos herramientas para la producción de prototipos o piezas funcionales. No obstante, una desventaja de este proceso es que los objetos creados son anisótropos, es decir no son completamente densos[21].

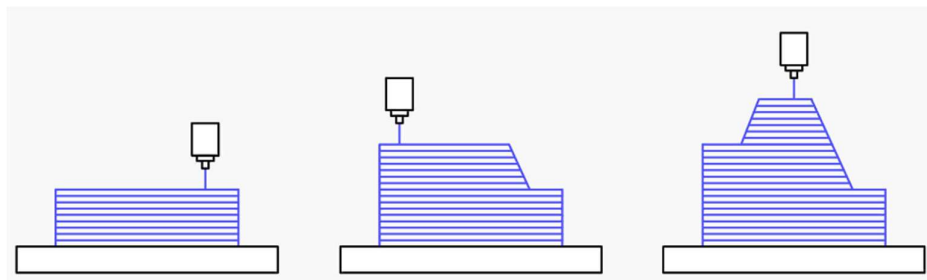


Figura 15. Fabricación Aditiva [21].

1.3.11.2. Manufactura Sustractiva

Es el proceso de arranque de viruta de un bloque sólido donde el material se encuentra en bruto, de tal manera que se ocupan herramientas de corte o pulido que van

desbastando el material con el fin de obtener el componente requerido. Los procesos convencionales de manufactura sustractiva son el fresado CNC, el taladrado y el torno. La ventaja más significativa de este tipo de proceso es la obtención de piezas en serie con gran precisión y un excelente acabado superficial. No obstante, se limita en cuanto al costo debido a que es un proceso de producción que toma tiempo, uso de herramientas y sobre todo para los diseños se requiere generar las trayectorias de fabricación, por ende, se necesita utilizar un programa asistido por computador (CAM) para generar las mismas. Incluso este proceso es poco amigable con el medio ambiente debido a que al desbastar material produce gran cantidad de residuos [21].

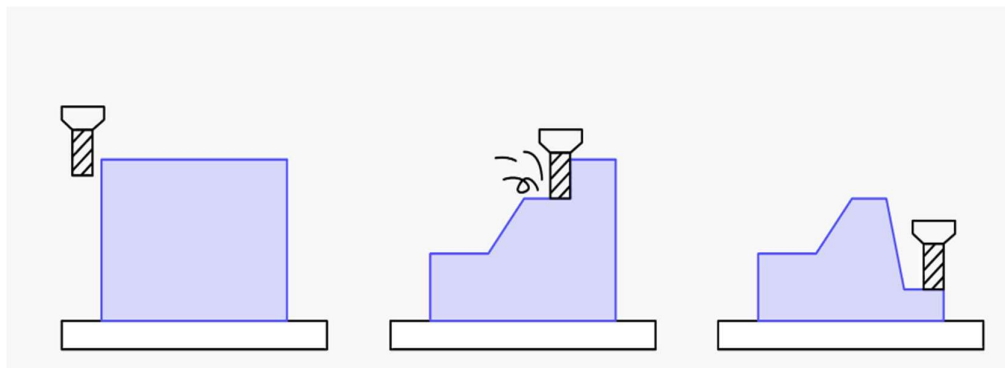


Figura 16. Manufactura Sustractiva [21].

1.3.11.3. Manufactura Formativa

El proceso formativo consiste en moldear el material para que adquiera la forma deseada a través de moldes ya sea de inyección, fundición o conformado al vacío. El material adopta la forma o figura gracias al calor o a la presión a la cual es sometido, de manera que este tipo de conformado es empleado comúnmente para la producción a gran escala donde las piezas son repetitivas. La desventaja que presenta es que depende de un molde de fabricación y para poder obtener el mismo representa un costo elevado. Además, se debe tener en consideración que cuando se fabrica un componente mediante manufactura formativa su diseño debe estar pensado en ángulos de salida y en el grosor del componente debido a que debe ser desmoldeable y no tenga complicaciones al sacarlo del molde [21].

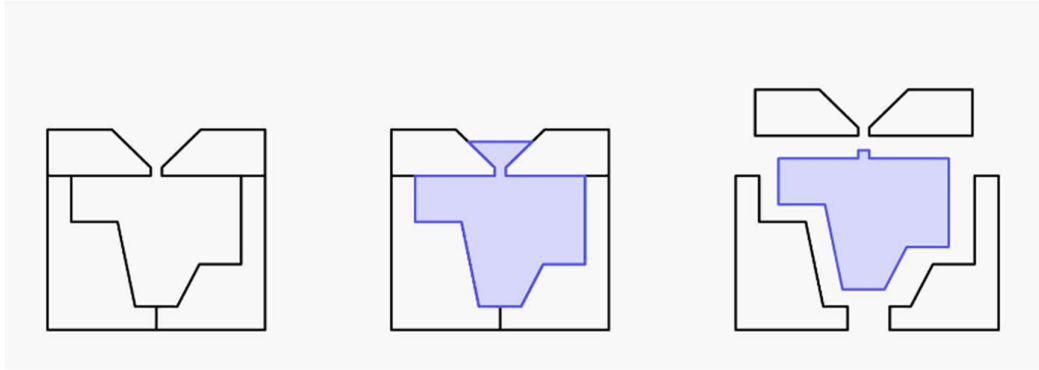


Figura 17. Manufactura Formativa [21].

1.3.11.4. Parámetros de impresión 3D

a. Densidad de relleno

Es la cantidad del material depositado en el interior del componente impreso, es una variable que se puede especificar de acuerdo con las necesidades del elemento, es decir conforme a la utilidad que se le vaya a dar. Esto también repercute en las propiedades de resistencia debido a que si la densidad de relleno es muy baja el componente por dentro será hueco o caso contrario si la densidad es muy elevada el componente va a adquirir resistencia, pero tardará más tiempo en imprimirse, necesitará mayor cantidad de filamento y todos estos parámetros lo harían más costosa a la impresión [22].

Para componentes funcionales que requieren de una mayor resistencia es recomendable emplear una densidad de relleno que vaya entre el rango del 50 al 100% [22].

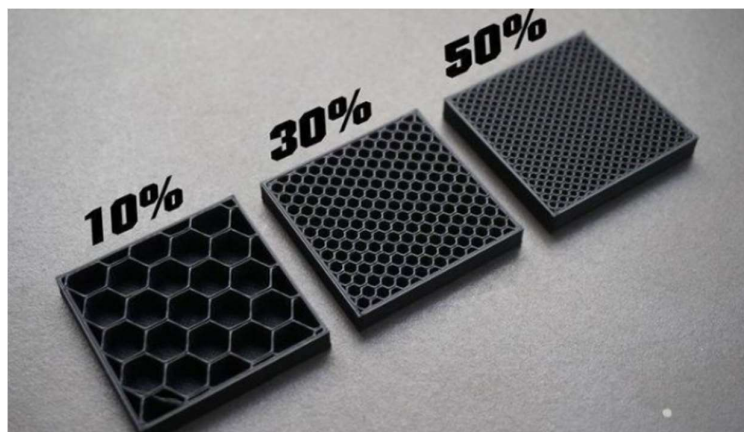


Figura 18. Densidad de relleno [22].

b. Patrón de relleno

Giroide es el patrón de relleno que le aporta resistencia a la estructura en todas las direcciones, adecuado para la impresión de componentes funcionales. Incluso es un patrón rápido y fácil de impresión debido a que va formando ondas curvadas a lo largo del objeto a imprimir. Además, presenta una apariencia agradable a la vista del operario [23].

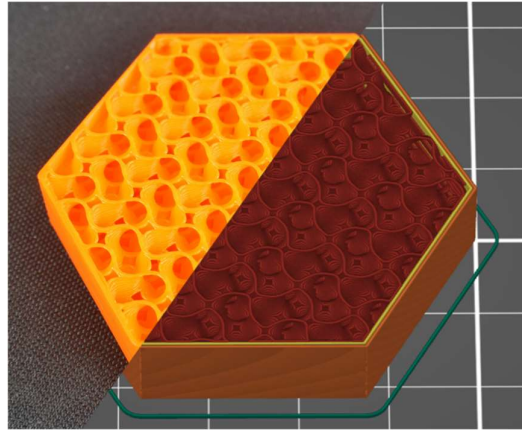


Figura 19. Giroide como patrón de relleno [23].

c. Orientación de impresión

Es la dirección en la que se va a imprimir el componente, siendo de gran importancia debido a que según la posición en la que imprima el elemento podrá alcanzar su módulo de flexión máximo. La orientación recomendable es perpendicular al extrusor, es decir a 90° como se puede observar en la Fig 20. De esta manera al aplicarle una carga al componente sus capas no se desprenderán fácilmente y resistirán a la carga ejercida [24].

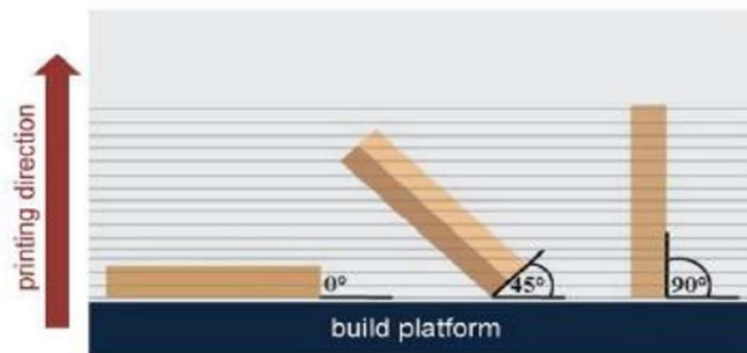


Figura 20. Orientación de impresión 3D [24].


1.3.12. Filamentos en impresión en 3D

Dentro de la industria de impresión en 3D se emplean diversos materiales que al calentarse se funden y van depositando material capa por capa para que de esta manera se vaya conformando el objeto deseado.

a. Filamento PLA

El ácido poliláctico (PLA) es el filamento hecho en base a maíz, trigo y remolacha; por lo que se le considera como un material biodegradable. Además, es uno de los filamentos más comunes en el mercado por la aplicabilidad que tiene en objetos de decoración y prototipado. Tiene una buena estabilidad de impresión, no genera gases tóxicos y se lo puede encontrar en una gama amplia de colores [25].


Tabla 1. Propiedades del filamento PLA [25].

ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA)			
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	REPRESENTACIÓN
Densidad	1.24	g/cm ³	
Resistencia a la tracción	53	MPa	
Módulo de tracción	3309	MPa	
Resistencia a la flexión	83	MPa	
Dureza superficial	85	Rockwell	
Fuerza de Impacto Izod	20	KJ/m ²	
Temperatura de fusión	175	°C	
Temperatura de impresión	190 – 220	°C	

b. Filamento ABS

El acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) es considerado como el filamento de ingeniería debido a las buenas propiedades que posee. Presenta una excelente resistencia, rigidez, dureza y soporta a las altas temperaturas. En la industria es utilizado comúnmente en componentes automovilísticos, carcasas de dispositivos electrónicos, piezas de lego y dispositivos protésicos en el área de medicina. Además, las piezas fabricadas en ABS tienen la posibilidad de ser mecanizadas y postprocesadas a través de pulido, lijado o perforado [26].


Tabla 2. Propiedades del filamento ABS [26].

ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO (ABS)			
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	REPRESENTACIÓN
Densidad	1.04	g/cm ³	
Resistencia a la tracción	45	MPa	
Módulo de tracción	2300	MPa	
Resistencia a la flexión	65	MPa	
Dureza superficial	97	<i>Rockwell</i>	
Fuerza de Impacto Izod	26	KJ/m ²	
Temperatura de fusión	200	°C	
Temperatura de impresión	230 – 270	°C	

c. Filamento PETG

El tereftalato de Polietileno Glicol (PETG) es un filamento copoliéster flexible, resistente químico y al mismo tiempo tiene una buena dureza. Al ser un filamento no tóxico es empleado en la industria en la fabricación de recipientes que tienen contacto con alimentos. Similar al ABS en resistencia y en flexibilidad al PLA [27].


Tabla 3. Propiedades del filamento PETG [27].

TEREFTALATO DE POLIETILENO GLICOL (PETG)			
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	REPRESENTACIÓN
Densidad	1.27	g/cm ³	
Resistencia a la tracción	50	MPa	
Módulo de flexión	2100	MPa	
Resistencia a la flexión	69	MPa	
Dureza superficial	108	<i>Rockwell</i>	
Fuerza de Impacto Izod	105	KJ/m ²	
Temperatura de fusión	85	°C	
Temperatura de impresión	215 – 245	°C	

d. Filamento ASA

El acrilonitrilo estireno acrilato (ASA) es el filamento con excelentes propiedades como resistencia a los rayos UV, gran resistencia mecánica y resistencia al agua. Este material es empleado para la fabricación de componentes que son expuestos a la intemperie y no cambia sus propiedades a través del tiempo. Como por ejemplo piezas automovilísticas [28].

Tabla 4. Propiedades del filamento ASA [28].

ACRILONITRILO ESTIRENO ACRILATO (ASA)			
PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD	REPRESENTACIÓN
Densidad	1.07	g/cm ³	
Resistencia a la tracción	40	MPa	
Módulo de tracción	1726	MPa	
Resistencia a la flexión	62	MPa	
Dureza superficial	92	Rockwell	
Fuerza de Impacto Izod	441	KJ/m ²	
Temperatura de fusión	210	°C	
Temperatura de impresión	240 – 255	°C	

1.3.13. Adaptación del can

La adaptación es considerada como proceso en donde el can experimenta algo nuevo implementado sobre él, ya sea una prótesis, una ortesis o una silla de ruedas. De manera que el recibimiento del can hacia un dispositivo protésico juega un papel fundamental, esto se debe a las ganas que tiene el can de moverse o recuperar su movilidad apoyándose de sus otras extremidades. En el caso de una silla de ruedas para extremidades delanteras, el can consigue impulsarse a través de sus patas traseras, obteniendo como resultado la capacidad de moverse [29].

Médicos veterinarios recomiendan que el uso de un dispositivo protésico en un animal, se lo debe hacer por lapsos de tiempo para que el animal beneficiario se familiarice, pierda el miedo y sobre todo el dispositivo no llegue a causarle traumatismos. El

tiempo de uso recomendado es de 1 hora puesto el dispositivo y posterior a ello, retirarlo y descansar durante las siguientes 3 horas [30].

1.3.14. Parámetros generales de diseño

a. Cálculo del peso

Es la fuerza gravitacional que recae sobre un cuerpo que tiene una determinada masa, no es relevante considerar que el cuerpo esté en movimiento o permanezca estático, siempre estará sujeto a la fuerza de la gravedad, por lo tanto, para determinarlo se emplea la siguiente ecuación [31].

$$W = mg \quad (1)$$

Donde:

m: masa [kg]

g: gravedad de la tierra [m/s^2]

b. Cálculo del esfuerzo

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada [N]

A: área de contacto [mm^2]

c. Cálculo del Factor de Seguridad

$$n = \frac{\sigma_{tracción}}{\sigma_{calculado}} \quad (3)$$

Donde:

$\sigma_{tracción}$: Esfuerzo del material [MPa]

$\sigma_{calculado}$: Esfuerzo calculado [MPa]

d. Esfuerzo Cortante

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Donde:

F: Fuerza aplicada [N]

A: área de contacto [mm^2]

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseño y construcción de un dispositivo de asistencia para extremidades delanteras para un canino con carencia de movilidad.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar alternativas sobre dispositivos de asistencia aplicados en extremidades caninas.
- Diseñar el dispositivo de asistencia según los parámetros del canino.
- Construir el dispositivo de asistencia canina acorde a las medidas obtenidas
- Realizar pruebas de funcionamiento del dispositivo de asistencia mediante la aplicación del mismo en el can.

CAPITULO II

METODOLOGÍA







2.1. Materiales







2.1.1. Equipos e instrumentos





El proyecto técnico empleó los siguientes equipos para el desarrollo del dispositivo de asistencia para extremidades delanteras implementados en el can.

Tabla 5. Equipos y herramientas.

DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	REPRESENTACIÓN
Eje de SAE 1018 $\varnothing 8\text{ mm}$	Eje de acero redondo utilizado para la conexión de las ruedas principales con la estructura.	
Ruedas de coche de bebé HAPPY BABY “KLAUS” $\varnothing 200\text{ mm}$	Ruedas grandes principales va en la parte delantera de la estructura conectadas por el eje.	
Rueda de Scooter “Oxelo” $\varnothing 76\text{ mm}$	Rueda colocada en la parte trasera de la estructura para que brinde estabilidad a la silla de ruedas.	

<p>Tornillos DIN 934 M5x0.8x30</p>	<p>Son utilizados para la sujeción entre la pechera y la estructura para que de esta manera formen un solo cuerpo.</p>	
<p>Tuercas Hexagonales DIN 934</p>	<p>Sujetan los tornillos al reverso de la estructura, dejándolos firmes y seguros.</p>	
<p>Arandela plana galvanizada 3/16"</p>	<p>Usada para la fijación de la tuerca respecto a la estructura.</p>	
<p>Machuelo</p>	<p>Empleado para hacer la rosca en las partes impresas por donde atraviesan los tornillos.</p>	
<p>Anillo de retención DIN 471 DSH-7</p>	<p>Empleado para asegurar las ruedas principales y la estructura en el eje y no tengas movimiento axialmente.</p>	
<p>Porta Machuelo</p>	<p>Objeto donde se introduce el machuelo y queda fijo, para poder girar el machuelo con mayor facilidad.</p>	

Lijas de procesado	Empleadas para el postprocesado de la pechera y de la estructura	
Airsnet spacer PLUS 310	Tela utilizada para suavizar en el interior de la pechera donde descansa el abdomen del can.	
Hebillas plásticas curvas	Empleados para asegurar las correas una vez ingresado el can.	
Reata	Fibra empleada para la elaboración de las correas de sujeción	
Velcro	Fibra adhesiva colocada en el interior de la pechera para que se pueda adherir el forro y mantenerse fijo.	
Computadora	Este equipo permitirá facilitar el diseño de la prótesis al permitir un modelado mucho más sencillo en pro de agilizar el proceso. Además, permitirá realizar la parte	

	teórica del trabajo y completar el informe final con todos los capítulos correspondientes.	
Impresora Ender 3 S1	Máquina de impresión en tercera dimensión (3D) a través de la deposición de material fundido.	
Cinta métrica	Herramientas que facilitan la toma de mediciones en el can	
Calculadora	Herramienta que permite realizar los cálculos para determinar las diferentes fuerzas	
Mandil / Casco	Implementos de protección que salvaguardan la integridad del operario a la hora de trabajar dentro de la industria.	

2.2.Métodos

2.2.1. Bibliográfico

Metodología aplicada durante toda la elaboración del proyecto técnico, debido a la búsqueda de información a través de documentos bibliográficos, artículos científicos, libros, revistas o tesis de grado o patentes. De esta manera se obtendrá conceptos, fórmulas y parámetros.

2.2.2. Experimental

Esta metodología se empleará desde la toma de medidas del can y conforme a las mismas se desarrollará los elementos necesarios para el dispositivo de asistencia. Dichos componentes se le irán probando en el can y corrigiendo posibles errores existentes para que de esta manera se pueda llegar a obtener un dispositivo cómodo y funcional para el beneficiario.

2.2.3. Cuantitativo

Metodología aplicada para el análisis de valores a lo largo del trabajo técnico, para los valores de ponderación y selección de alternativas y el dimensionamiento de los componentes.

2.2.4. Descriptivo

Este apartado se refiere principalmente a las normas usadas en la selección de material. Además del mecanismo con el que la prótesis contará, lo cual influencia en gran medida la factibilidad del proyecto propuesto.

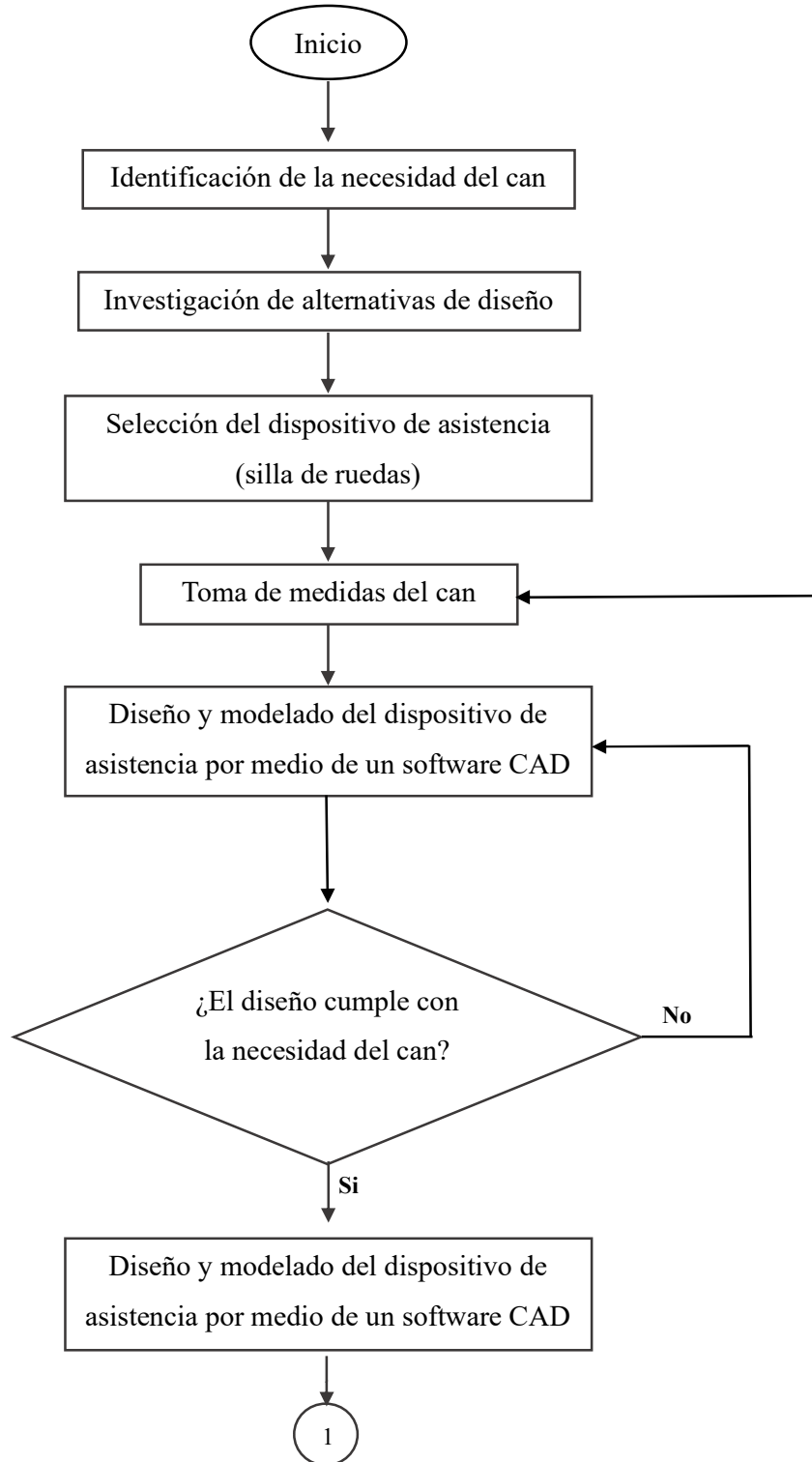
2.2.5. Exploratorio

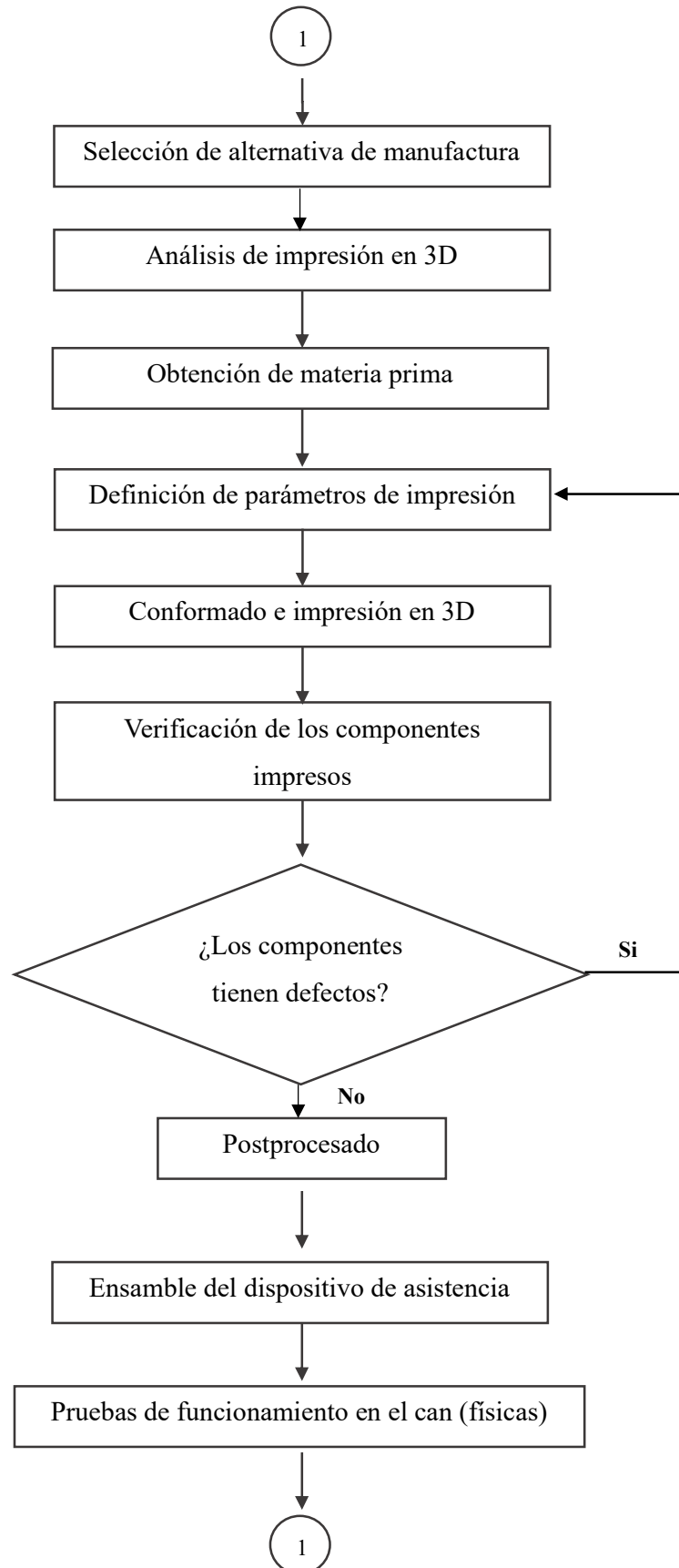
Este método es aplicado para familiarizarse con el caso de discapacidad del can, conocer su anatomía y sus necesidades. Incluso permite para corroborar conceptos con médicos veterinarios y tener un acercamiento con los mismos para una posterior evaluación del dispositivo de asistencia.

2.2.6. Explicativo

Este método es aplicado para dar a conocer el funcionamiento del dispositivo de asistencia, como fue diseñado bajo que parámetros se tomaron en cuenta. De igual manera para la manufactura de este, mediante qué proceso fue realizado y su ensamble.

2.3. Diagrama de flujo general del diseño y construcción de dispositivo de asistencia para extremidades delanteras





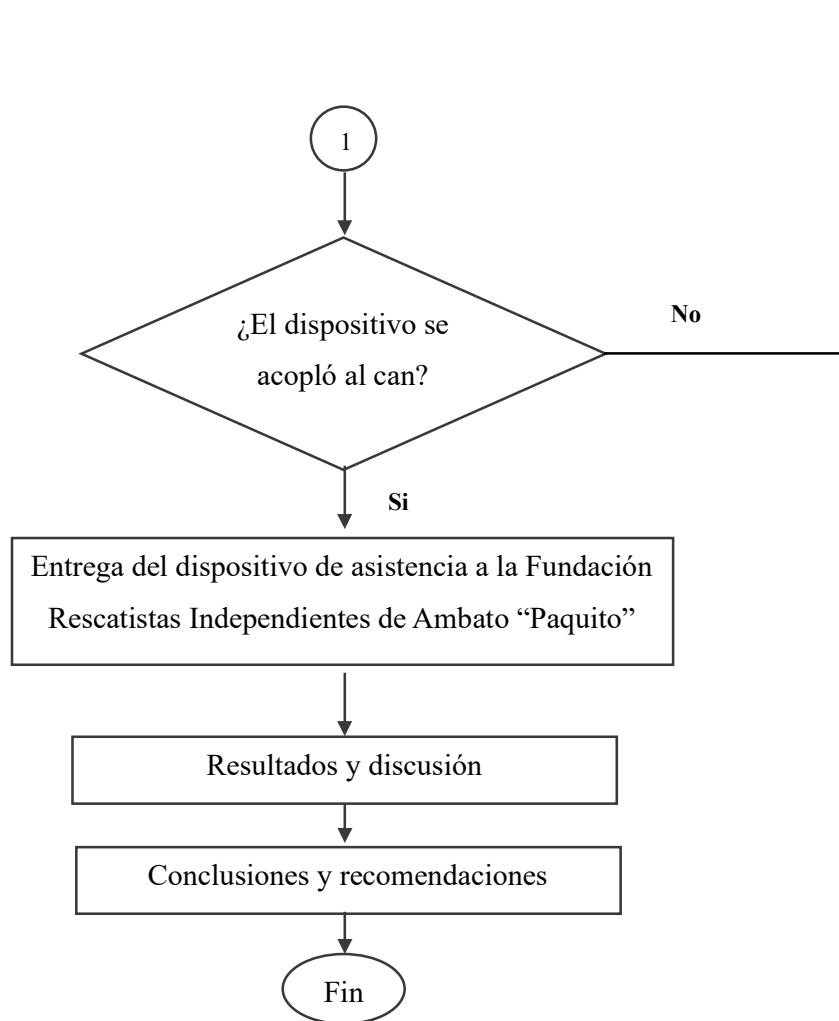
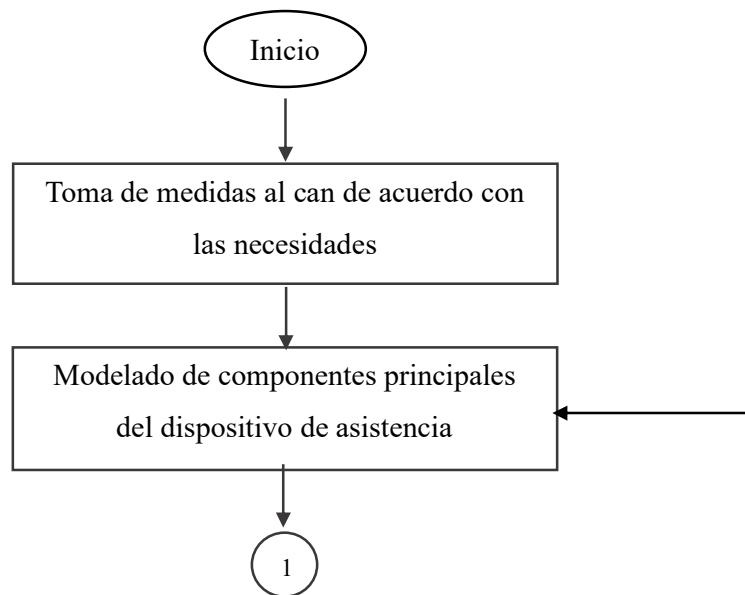


Diagrama 1. General.

2.3.1. Diagrama de flujo del diseño del dispositivo de asistencia



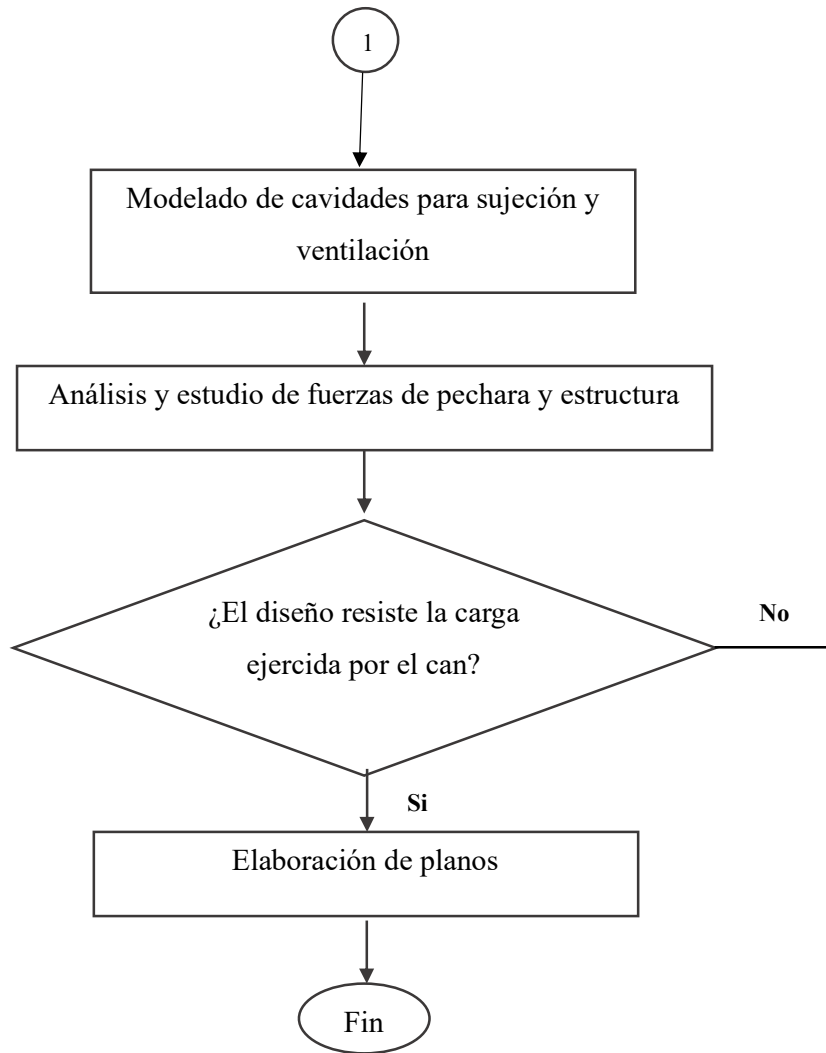
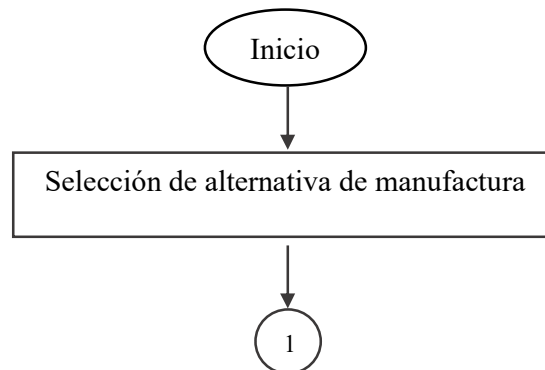
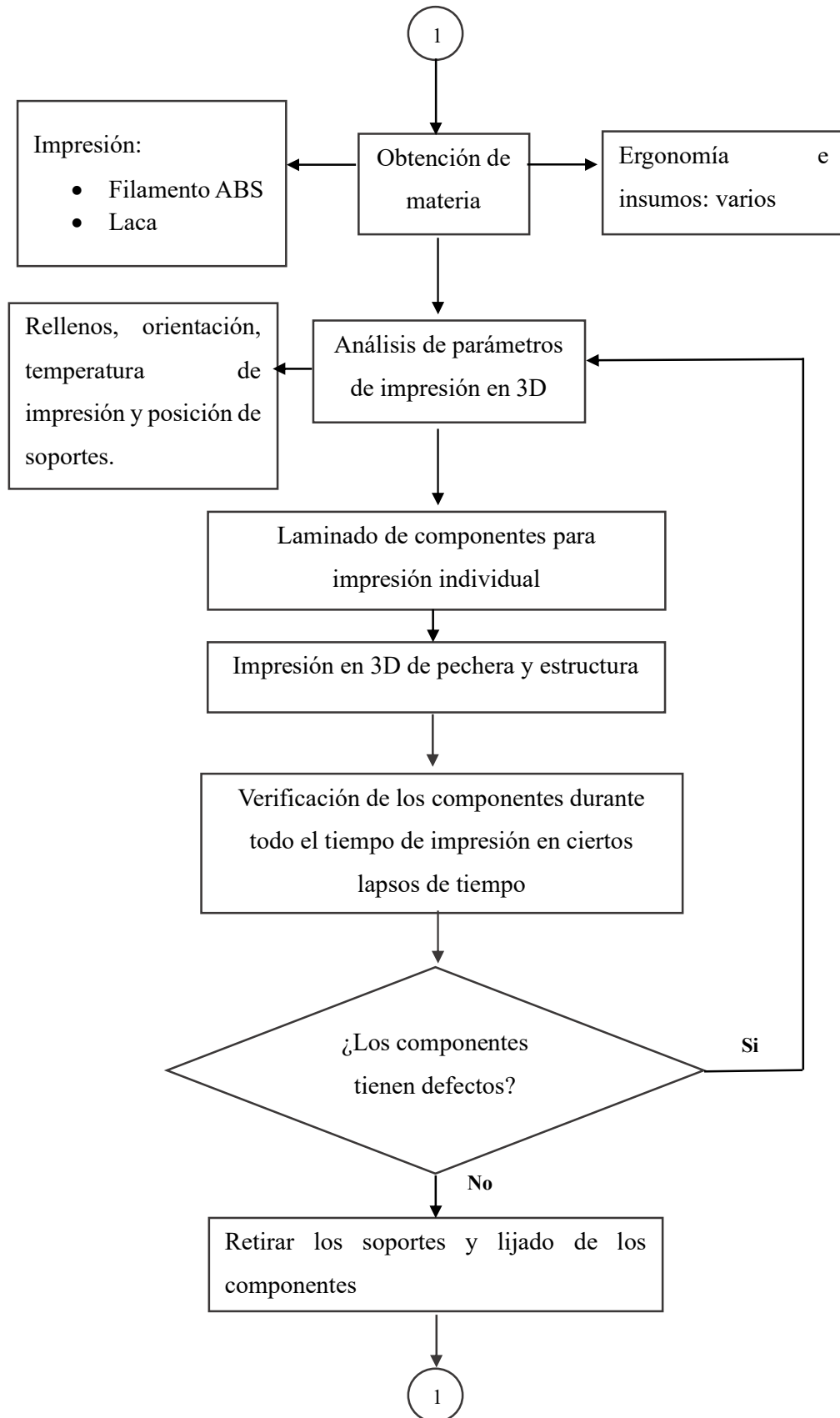


Diagrama 2. Diseño.

2.3.2. Diagrama de flujo de la construcción y ensamble del dispositivo de asistencia





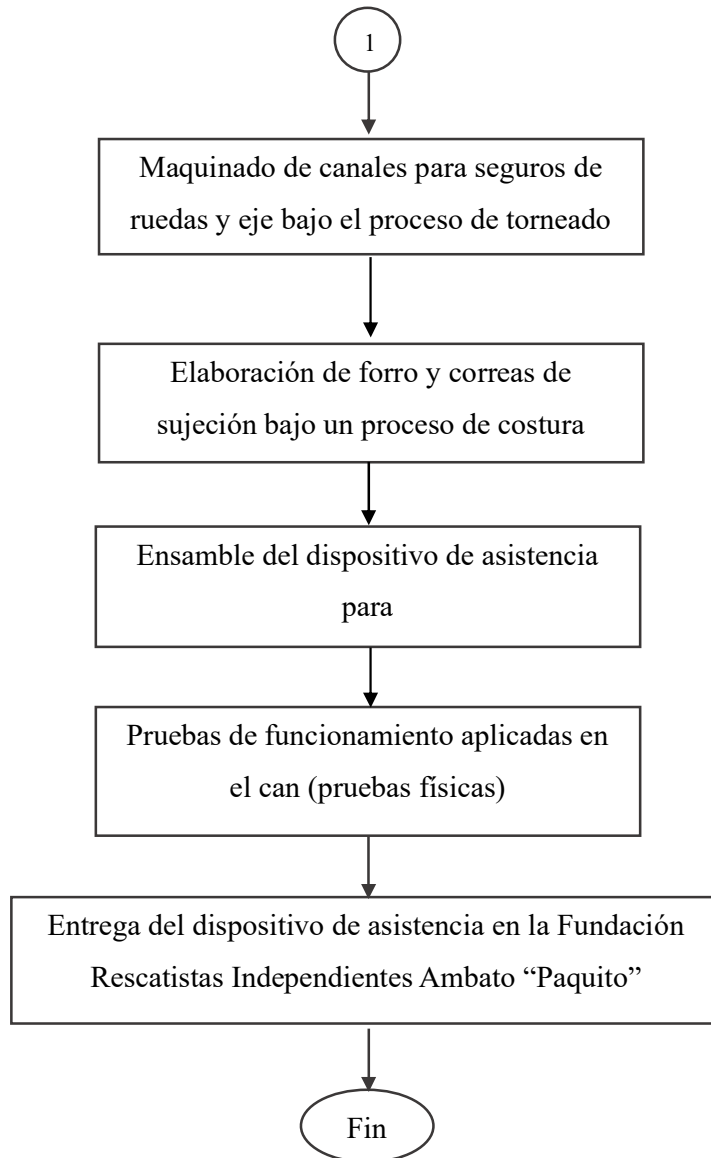


Diagrama 3. Construcción y Manufactura.

2.4. Estudio y selección de alternativas

Para la elaboración del dispositivo de asistencia se analiza diversas alternativas, tanto para el diseño de la silla de ruedas, el proceso de manufactura y el material de impresión en 3D.

2.4.1. Ponderación de alternativas

Se ponderará cada una de las alternativas de acuerdo con los criterios que se ha venido adquiriendo a lo largo del tiempo académico en las materias de CAD CAM, Diseño de máquinas I, Diseño de máquinas II, Procesos de fabricación, Diseño por elementos

finitos y se escogerá la alternativa mayor puntuada. Los valores de ponderación se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Valores de ponderación.




Ponderación	Calificación
1	Deficiente
2	Moderado
3	Excelente

2.4.2. Alternativas de dispositivos de asistencia aplicados en extremidades caninas.

Dentro de las alternativas de dispositivo de asistencia para extremidades delanteras se encuentran tres casos representativos, los cuales fueron estudiados y se implementado una silla de ruedas con solución al problema de la movilidad del can. A continuación, en la Tabla 7, se detalla en resumen cada una de estas alternativas.

Tabla 7. Alternativas del dispositivo de asistencia (silla de ruedas) [17], [18], [19].

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Caso: Mia	Caso: TurboRoo	Caso: Tomasa
El dispositivo de asistencia que utiliza Mia es una silla de ruedas completa para extremidades delanteras, cuenta con dos soportes uno delantero con dos ruedas pequeñas y dos ruedas grandes; el otro soporte se extiende hasta la parte posterior del can. La silla de ruedas es fabricada en metal, con dos ruedas grandes	El dispositivo de asistencia que utiliza TurboRoo es una silla de ruedas que cuenta con un solo soporte en la parte delantera. Dicha silla es de metal y cuenta con dos ruedas tipo scooter en la parte delantera lo que le permite recuperar su altura normal. Además, tiene como sujeciones correas que atraviesan el lomo del can.	El dispositivo de asistencia que utiliza Tomasa es una silla de ruedas solo para la parte delantera, consta de dos soportes. Uno es con dos ruedas medianas de scooter que le ayudan a recuperar su altura normal y presenta otra rueda como soporte debajo del abdomen, la cual le brinda estabilidad a la silla de

<p>infladas con aire y el tipo de sujeción es mediante un arnés y correas.</p>		<p>ruedas y no permite que se desplace el coche hacia adelante. Cuenta con una pechera tipo jaula y se sujeta mediante correas en el lomo.</p>
		

2.4.3. Selección del dispositivo de asistencia para extremidades delanteras

En la Tabla 8, se evalúa cada una de las alternativas de dispositivos de asistencia de acuerdo con los criterios planteados.

Tabla 8. Ponderación del dispositivo de asistencia para extremidades delanteras.

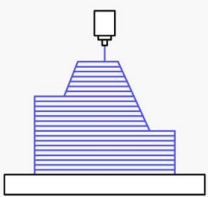
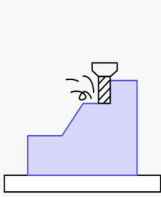
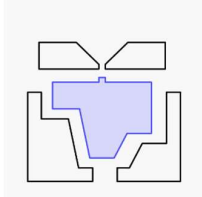
CRITERIOS	ALTERNATIVAS		
	Alternativa 1 Caso Mia	Alternativa 2 Caso TurboRoo	Alternativa 3 Caso Tomasa
Resistente	3	2	3
Seguro	3	1	3
Ergonómico	2	1	2
Sujeción	2	3	2
Peso	1	3	3
TOTAL	11	10	13

Conforme a la ponderación de los dispositivos de asistencia para extremidades delanteras se selecciona la alternativa 3 el caso de Tomasa debido a que tiene un valor mayor en comparación a los demás dispositivos.

2.4.4. Alternativas de proceso de manufactura

Dentro de las alternativas de los procesos de manufactura se tiene tres tipos: manufactura aditiva, manufactura sustractiva y manufactura formativa, a través de los cuales se puede fabricar un dispositivo protésico. A continuación, en la Tabla 9, se detalla en resumen cada una de estas alternativas.

Tabla 9. Alternativas de procesos de manufactura [21].

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Manufactura Aditiva	Manufactura Sustractiva	Manufactura Formativa
Es el proceso de fabricación capa por capa, donde el extrusor funde el material y va posicionándolo conforme a la geometría deseada.	Es el proceso de fabricación por arranque de viruta, donde el herramental va desbastando el material de un broque en bruto para ir dando la forma deseada. Trabaja a través de trayectorias generadas por un computador CAM.	Es el proceso de fabricación a través de un molde, puede ser de inyección, fundición o conformado al vacío. Donde el material adquiere la forma gracias a la presión y al calor suministrado.
		

2.4.5. Selección del proceso de manufactura

En la Tabla 10, se evalúa cada una de las alternativas de procesos de manufactura de acuerdo con los criterios planteados.

Tabla 10. Ponderación del proceso de manufactura.

CRITERIOS	ALTERNATIVAS		
	Alternativa 1 Manufactura Aditiva	Alternativa 2 Manufactura Sustractiva	Alternativa 3 Manufactura Formativa
Costo de fabricación	3	1	1
Acabado superficial	2	3	3
Tiempo de fabricación	2	1	3
Impacto en el medio ambiente	3	1	2
Disponibilidad del proceso	2	2	2
TOTAL	12	8	11

Conforme a la ponderación de los procesos de manufactura se selecciona la alternativa 1 manufactura aditiva, presenta un valor mayor en comparación a los demás procesos.


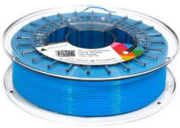


2.4.6. Alternativas del filamento de impresión 3D

Dentro de las alternativas de filamentos en 3D se encuentran cuatro tipos de materiales que son empleados en la industrial aditiva, cada uno de ellos cuenta con propiedades características que los hace diferentes.

A continuación, en la Tabla 11, se detalla en resumen cada una de estas alternativas.

Tabla 11. Alternativas de filamentos de impresión 3D [25], [26], [27], [28].

Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4
PLA	ABS	PETG	ASA
Es un tipo de filamento biodegradable, resistente, poco	Filamento de ingeniería por su excelente resistencia, rigidez	Filamento flexible, empleado en la industria para la elaboración de	Filamento con excelentes propiedades de resistencia en

flexible, empleado en elementos para decoración, prototipos estéticos	y dureza. Empleada en la industria para la fabricación de componentes automovilísticos, prótesis médicas, y juguetes. Tiene la capacidad de ser mecanizable y postprocesado.	productos alimenticios debido a que no es tóxico y resiste ataques químicos.	condición de intemperie, ideal para componentes de vehículos o piezas mecánicas expuestas al ambiente.
			

2.4.7. Selección del filamento de impresión 3D

En la Tabla 12, se evalúa cada una de las alternativas de dispositivos de asistencia de acuerdo con los criterios planteados.

Tabla 12. Ponderación de los filamentos de impresión en 3D.

CRITERIOS	ALTERNATIVAS			
	Alternativa 1 PLA	Alternativa 2 ABS	Alternativa 3 PETG	Alternativa 4 ASA
Propiedades mecánicas	2	3	3	3
Facilidad de impresión	3	2	2	1
Durabilidad	1	3	3	2
Disponibilidad	3	3	2	2
Costo	2	2	1	1
TOTAL	11	13	11	10

Conforme a la ponderación de filamentos de impresión en 3D se selecciona la alternativa 2 ABS, debido a que tiene un valor mayor en comparación a los demás filamentos.

2.4.8. Resumen de alternativas seleccionadas

En la Tabla 13, se detalla las alternativas que fueron seleccionadas para el diseño y construcción del dispositivo de asistencia (silla de ruedas) para extremidades delanteras.

Tabla 13. Alternativas Seleccionadas.

INDICADOR	ALTERNATIVAS	
Dispositivo de asistencia	Alternativa 3	Caso Tomasa
Proceso de manufactura	Alternativa 1	Manufactura Aditiva
Material de impresión 3D	Alternativa 2	Filamento ABS

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación de la necesidad del can

El proyecto técnico se basa en la discapacidad de movilidad que presenta Neno, el can de raza mestiza de aproximadamente 3 años. Mantiene una deformidad en sus dos extremidades anteriores, esto por motivos de una mala formación genética producidos por el cruce entre perros de su mismo círculo. Por tal razón, desde su nacimiento ha tenido que movilizarse de manera errónea, adaptándose a su discapacidad a través de arrastramientos empujados por sus extremidades posteriores.



Figura 21. Condición física de Neno.

3.2. Requerimientos y mediciones del can

Neno al no poseer sus dos extremidades anteriores requiere de un dispositivo que le pueda asistir en su movilidad, de manera eficiente, confortable y que no le cueste moverse de un lado a otro y también que le permita realizar sus actividades normales. Para esto se tuvo en consideración los lineamientos y medidas que presenta el can, las mismas que se detallan en la Tabla 14.

Tabla 14. Medidas del can.

DESCRIPCIÓN	MEDIDA
Diámetro del cuello	63.7 mm
Diámetro del pecho	130.5 mm
Diámetro del abdomen	114.6 mm

Diámetro de la extremidad anterior	73.2 mm
Longitud comprendida entre el inicio del cuello y el inicio de la cola	330 mm
Altura Lomo-piso	255 mm
Longitud comprendida entre extremidad anterior y extremidad posterior	220 mm
Ancho del can	200 mm
Peso	5.5 kg

3.3.Cálculos

Una vez culminado el modelado del dispositivo de asistencia se puede continuar al apartado donde se verifica si los componentes que conforman el dispositivo van a resistir y será de utilidad para el can en su movilidad.

3.3.1. Cálculo del peso del can

El diseño se centró en el peso que posee el can actualmente, tomando en cuenta que al no poseer sus dos extremidades anteriores el 60% de su peso total del can recae sobre la zona anterior (delantera) debido a que es la zona que más carga aguanta por la cabeza y la caja torácica, a partir de ello se podría determinar el peso aplicando la Ec. 1

Primero se debe transformar la masa a kg para un correcto dimensionamiento.

Datos:

$$m = 12.1 \text{ lb}$$

$$m = 12.1 \left(\frac{1}{2.2} \right)$$

$$m = 5.5 \text{ kg}$$

Al multiplicar la masa por la aceleración y posterior a ello el 60% del peso total del can, se obtiene el peso.

$$W = (5.5 \text{ kg} * 9.81 \text{ m/s}^2)(0.6)$$

$$W = 32.37 N$$


3.3.2. Cálculo de la Pechera

a. Selección de espesor de la Pechera

Para poder seleccionar el espesor adecuado para la pechera se lo determinó a través de mediciones experimentales donde se le colocaba una pechera con diferente espesor en el can y se veía su comportamiento hasta llegar a un espesor que sea apropiado. Como se observa en la Tabla 15. se detalla la selección del espesor.

Tabla 15. Selección del espesor de la pechera.

SELECCIÓN DE ESPESOR		
ESPESOR	OBSERVACIÓN	REPRESENTACIÓN
1.2 mm	Al colocarle al can se fracturo en el borde del lado izquierdo por el peso que ejercía sobre la pechera.	
2 mm	Al colocarle esta pechera se fracturo en los dos agujeros por donde salen las extremidades deformadas del can tanto del lado izquierdo como del derecho	
3 mm	Al colocarle esta pechera no existió fracturas, pero se fisuró en la parte trasera donde descansa el abdomen del can.	

4 mm	Al colocarle esta pechera al can no sufrió ninguna fractura por ningún lado.	
------	--	--

Se seleccionó el espesor de 4 mm para la pechera como respuesta a las pruebas experimentales que se realizó con diferentes espesores, esto quiere decir que con este espesor va a soportar la carga del peso sin problema alguno. Sin embargo, hay que considerar que mientras más se aumenta el espesor la pechera va ganando peso y para un dispositivo de asistencia o una prótesis esto juega un valor considerable puesto que no debe ser muy pesado, caso contrario el animal beneficiario ejercerá mayor esfuerzo para moverse.

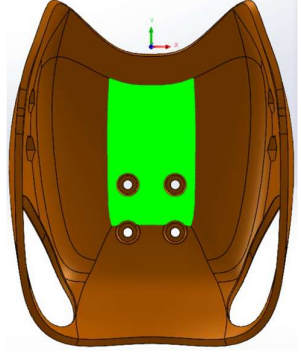
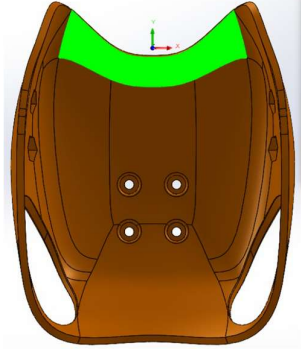
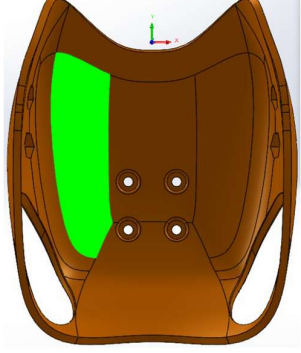
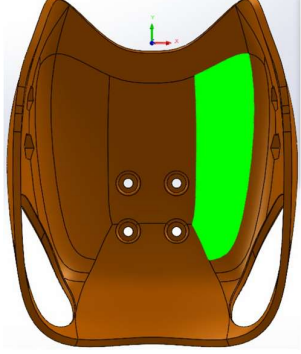
b. Esfuerzo de la pechera

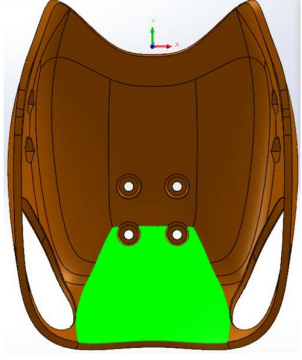
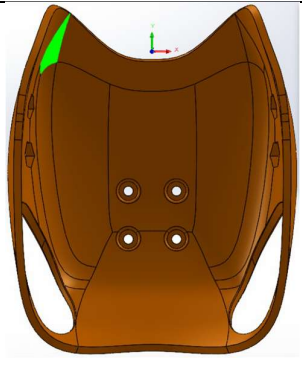
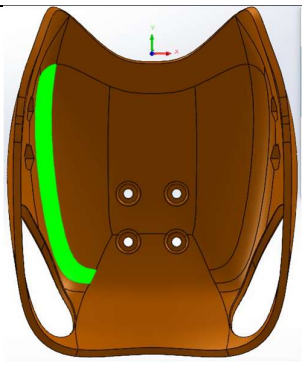
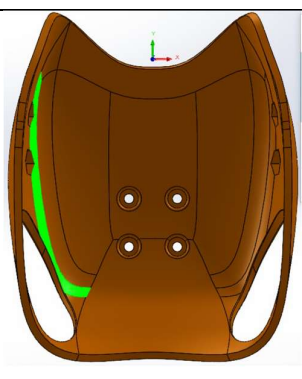
Para el cálculo del esfuerzo de la pechera se analizó en dos tramos. El primero estudia la parte interna de la pechera donde recae el peso del can y el segundo la base de la pechera.

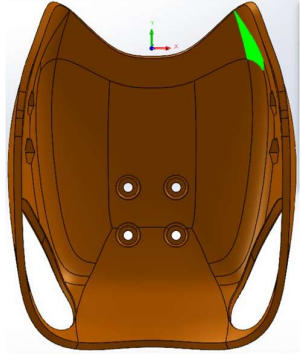
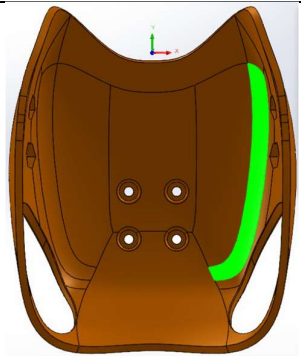
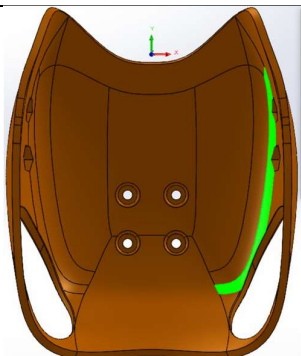
c. Interior de la pechera

Se determina el esfuerzo en el interior de la pechera con la fuerza que ejerce el can en las áreas de contacto que mantiene el mismo. Al ser algunas áreas se realiza la suma de todas ellas para determinar una sola y poder realizar el cálculo. En la Tabla 16, se especifican las áreas de contacto.

Tabla 16. Áreas internas de la pechera.

DENOMINACIÓN	VALOR	REPRESENTACIÓN
A1	3078.73mm ²	
A2	1932.72mm ²	
A3	2727.50mm ²	
A4	2727.50mm ²	

A5	5984.10mm ²	
A6	220.72mm ²	
A7	1168.96mm ²	
A8	704.26mm ²	

A9	220.69mm ²	
A10	1168.96mm ²	
A11	704.26mm ²	

La pechera al ser simétrica ciertas áreas son las mismas para el cálculo del área total

$$A_3 = A_4$$

$$A_6 = A_9$$

$$A_7 = A_{10}$$

$$A_8 = A_{11}$$

El área total se determina por la sumatoria de todas las áreas

$$\sum A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 + A_{10} + A_{11}$$

$$\sum A = (3078.73 + 1932.72 + 2727.50 + 2727.50 + 5984.10 + 220.72 + 1168.96 + 704.26 + 220.69 + 1168.96 + 704.26) \text{mm}^2$$

$$\sum A = 20638.4 \text{mm}^2$$

Datos:

$$W = 32.37 \text{ N}$$

$$\sigma_{\text{Interno pech}} = \frac{W}{\sum A}$$

$$\sigma_{\text{Interno pechera}} = \frac{32.37 \text{ N}}{20638.4 \text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Interno pechera}} = 1.5684 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

Se compara el esfuerzo calculado del interior de la pechera respecto al esfuerzo a compresión del ABS, teniendo en consideración que el esfuerzo calculado no debe sobrepasar el esfuerzo permisible del ABS. Las propiedades del filamento ABS se lo puede observar en el Anexo 1.

$$\sigma_{\text{compresión-ABS}} = 45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{Interno pechera}} = 1.5684 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{compresión-ABS}} > \sigma_{\text{Interno pechera}}$$

$$45 \text{ MPa} > 1.5684 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

El tramo 1 de la pechera resiste a la carga.

d. Base de la Pechera

El cálculo de la base de la pechera se lo determinó de igual forma mediante la fuerza que ejerce el can sobre la cara de la base y el área de contacto.

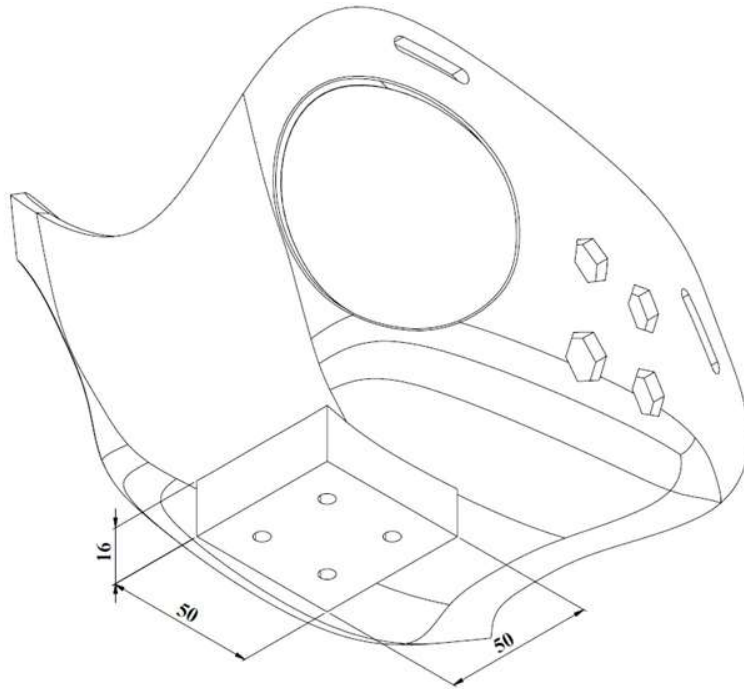


Figura 22. Dimensionamiento de la base de la pechera.

El área de contacto de la base al ser una figura cuadrada se puede obtener el área elevando al cuadrado su lado.

Datos:

$$A = l^2$$

$$A = (50mm)^2$$

$$A = 2500mm^2$$

Una vez determinado el área se procede a calcular el esfuerzo en la base de la pechera aplicando la Ec. 2.

Datos:

$$W = 32.37 N$$

$$A = 2500mm^2$$

$$\sigma_{Base\ peche} = \frac{W}{A}$$

$$\sigma_{Base\ pe} = \frac{32.37\ N}{2500\ mm^2}$$

$$\sigma_{Base\ pechera} = 12.948 \times 10^{-3}\ MPa$$

Se compara el esfuerzo calculado de la base de la pechera respecto al esfuerzo a compresión del ABS, teniendo en consideración que el esfuerzo calculado no debe sobrepasar el esfuerzo permisible del ABS.

$$\sigma_{compresión-ABS} = 45\ MPa$$

$$\sigma_{Base\ pechera} = 12.948 \times 10^{-3}\ MPa$$

$$\sigma_{compresión-ABS} > \sigma_{Base\ pe}$$

$$45\ MPa > 12.948 \times 10^{-3}\ MPa$$

El tramo 2 de la pechera resiste a la carga.

3.3.3. Cálculo de la estructura

El análisis de la estructura se lo va a realizar en dos tramos debido a que las fuerzas se van a distribuir en dos direcciones; hacia la parte delantera de la estructura y hacia la parte posterior de la misma, por lo tanto, el estudio empieza por la parte lateral de la estructura con la finalidad de determinar las fuerzas que llegan a cada tramo.

Dimensionamiento y modelado de la estructura

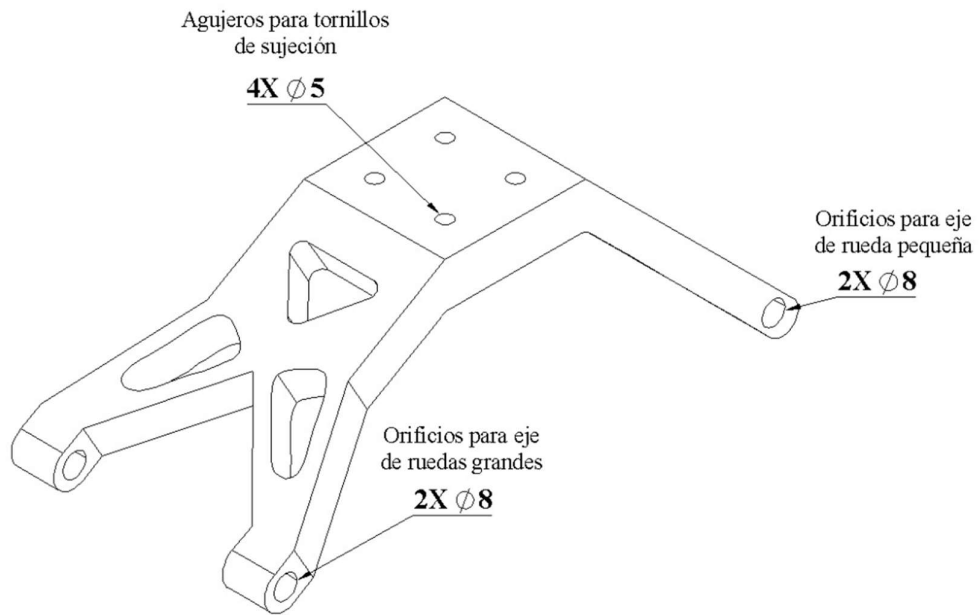


Figura 23. Modelado de la estructura.

3.3.3.1. Cálculo de las reacciones

La fuerza que interactúa en la estructura proviene de la base de la pechera donde descansa el 60% del peso del can. De manera que se realiza una sumatoria de fuerzas y momentos para determinar las reacciones respectivas en cada apoyo.

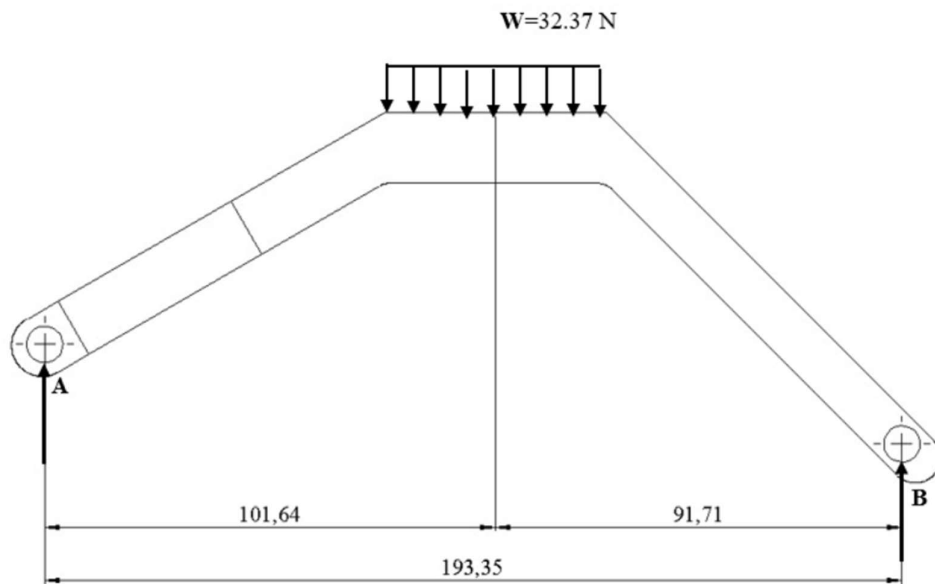


Figura 24. Dimensionamiento y diagrama de cuerpo libre de la estructura.

Datos:

$$W = 32.37 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B(193.35\text{mm}) - W(101.64\text{mm}) = 0$$

$$R_B = \frac{W(101.64\text{mm})}{(193.35\text{mm})}$$

$$R_B = \frac{(32.37\text{N})(101.64\text{mm})}{(193.35\text{mm})}$$

$$R_B = 17.01 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A + R_B - W = 0$$

$$R_A = W - R_B$$

$$R_A = 32.37 \text{ N} - 17.01 \text{ N}$$

$$R_A = 15.36 \text{ N}$$

3.3.3.2.Cálculo de reacciones en la parte delantera de la estructura

A continuación, se calculará las reacciones en el tramo 1 de la estructura, es decir por la parte delantera.

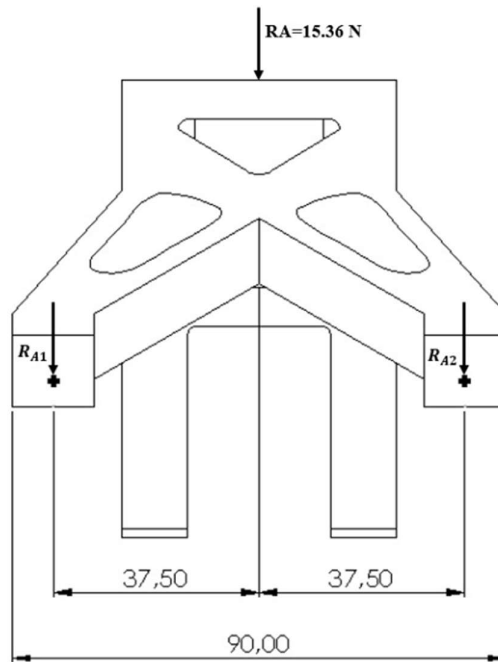


Figura 25. Dimensionamiento de la parte delantera de la estructura.

Al ser una pieza simétrica la fuerza que llega por la parte superior se la divide entre dos para obtener las reacciones inferiores.

Datos:

$$R_A = 15.36 \text{ N}$$

$$R_{A1} = R_{A2}$$

$$R_{A1} = \frac{R_A}{2}$$

$$R_{A1} = \frac{15.36 \text{ N}}{2}$$

$$R_{A1} = 7.68 \text{ N}$$

$$R_{A2} = 7.68 \text{ N}$$

El eje al no formar parte del conjunto de rotación con las ruedas, debido a que no tiene rotación, se le puede considerar como una viga para el análisis de fuerzas.

Datos:

$$R_{A1} = 7.68 \text{ N}$$

$$R_{A2} = 7.68 \text{ N}$$

$$\sum M_C = 0$$

$$R_D(300\text{mm}) - R_{A1}(105\text{mm}) - R_{A2}(195\text{mm}) = 0$$

$$R_D = \frac{R_{A2}(195\text{mm}) + R_{A1}(105\text{mm})}{(300\text{mm})}$$

$$R_D = \frac{(7.68 \text{ N})(195\text{mm}) + (7.68 \text{ N})(105\text{mm})}{(300\text{mm})}$$

$$R_D = 7.68 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_C + R_D - R_{A1} - R_{A2} = 0$$

$$R_C = R_{A1} + R_{A2} - R_D$$

$$R_C = 7.68 \text{ N} + 7.68 \text{ N} - 7.68 \text{ N}$$

$$R_C = 7.68 \text{ N}$$

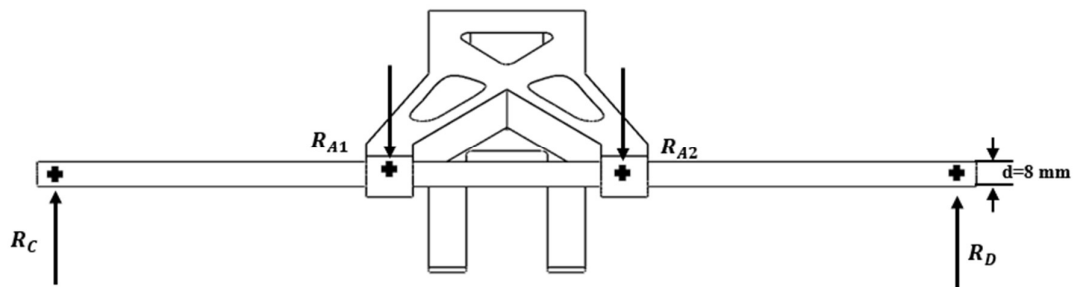


Figura 26. Representación de reacciones en el eje.

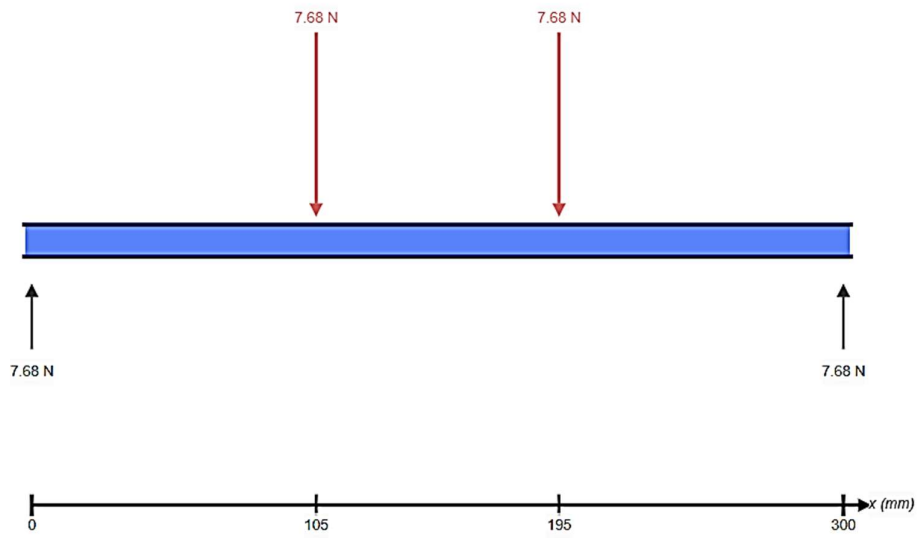


Figura 27. Diagrama de cuerpo libre del eje y análisis de fuerzas.

Diagrama de esfuerzo cortante y momento

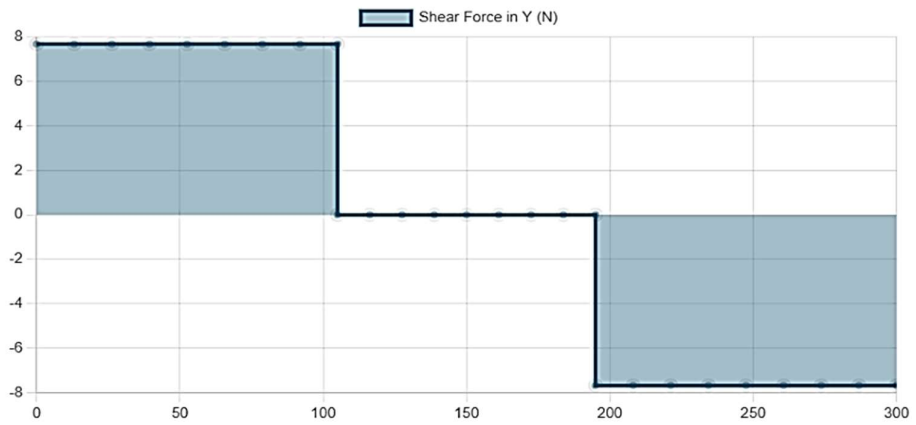


Figura 28. Diagrama de esfuerzo cortante.

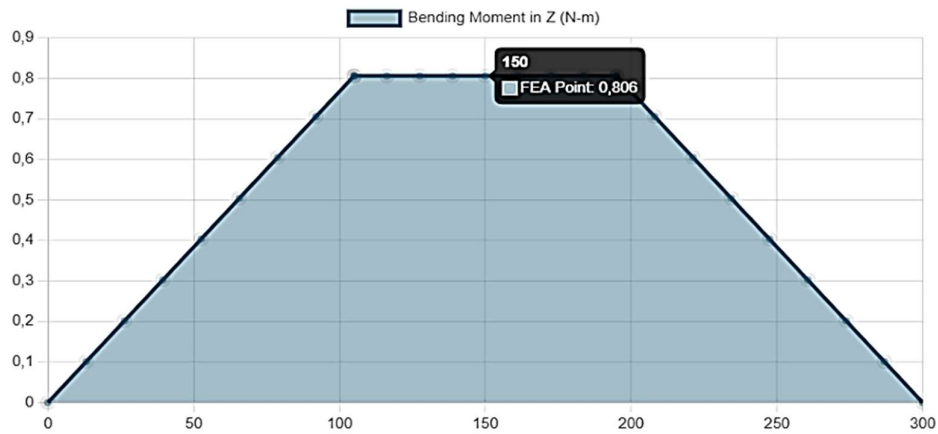


Figura 29. Diagrama de momento.

El momento máximo es de 0.806 Nm que realizando la transformación de unidades a mm es de 806 Nmm.

3.3.3.3. Diseño del eje

a. Selección del eje

El eje fue seleccionado de acuerdo con los requerimientos del dispositivo de asistencia, se solicita un eje que sirva de unión entre las ruedas y la estructura del dispositivo.

SAE – 1018

Especificaciones Generales	Diaméto - Pulgadas	Composición Química
Propiedades Mecánicas		
	1/4	
	5/16	
	3/8	
	1/2	
	9/16	
	5/8	
	3/4	
	7/8	
	1" 1,1/8	
	1.1/4	
	1.3/8	
	1.1/2	
	1.3/4	
	2" 2.1/4	
	2/2	
	2.3/4	
	3" 3.1/4	
	3.1/2	
	4" 4.1/2	
	5" 5.1/2	
	6" 7" 7/16	
	15MM	
	18MM	

Figura 30. Selección del diámetro del eje SAE 1018.

El eje seleccionado es un SAE 1018 de transmisión de diámetro 5/16”

b. Diámetro del eje

Para calcular el diámetro del eje se lo obtiene de la fórmula de esfuerzo donde interviene el momento máximo, la variable c, la inercia y el factor de seguridad. De manera que reemplazando en la fórmula quedaría de la siguiente manera.

$$\sigma_{eje} = \frac{M_{m\acute{a}x} * c}{I}; \quad c = \frac{d}{2}; \quad I = \frac{\pi d^4}{64}; \quad n = \frac{Sy}{\sigma}$$

Datos:

$$n = 2 \text{ asumido}$$

$$S_{y_{acero\ 1018}} = 235 \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 806 \text{ Nmm}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 n M_{m\acute{a}x}}{S_y \pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 (2) (806 \text{ Nmm})}{\left(235 \frac{N}{mm^2}\right) \pi}}$$

$$d = 4.11 \text{ mm}$$

Al ser un diámetro muy pequeño en el mercado es muy difícil de conseguir un eje con esas características, por lo tanto, se selecciona un eje de 8 mm de diámetro para el dispositivo de asistencia.

$$d = 8 \text{ mm}$$

Una vez hallado el diámetro del eje se puede determinar su esfuerzo

$$c = \frac{d}{2}$$

$$c = \frac{8 \text{ mm}}{2}$$

$$c = 4 \text{ mm}$$

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$I = \frac{\pi (8 \text{ mm})^4}{64}$$

$$I = 201.06 \text{ mm}^4$$

$$M_{m\acute{a}x} = 806 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{eje} = \frac{M_{m\acute{a}x} * c}{I}$$

$$\sigma_{eje} = \frac{806 \text{ Nmm} * 4 \text{ mm}}{201.06 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{eje} = 16.035 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 16.035 \text{ MPa}$$

A continuaci3n, se realiza el an\alisis a fatiga del eje, por medio el m\etodo del esfuerzo – vida.

Donde se ocupa la ecuaci3n de Marin para determinar los factores

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

L\imite de resistencia a fatiga en una viga giratoria

$$S'_e = \begin{cases} 0.5 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1 400 MPa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ MPa} & S_{ut} > 1 400 \text{ MPa} \end{cases}$$

Figura 31. L\imite de resistencia a fatiga [20].

$$S_{ut} = 410 \text{ MPa}$$

$$S'_e = 0.5 S_{ut}$$

$$S'_e = 0.5(410)$$

$$S'_e = 205$$

El factor de superficie k_a

Acabado superficial	Factor a		Exponente
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	b
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 32. Factor de superficie [20].

$$a = 4.51 ; b = -0.265$$

$$k_a = aS_{ut}^b$$

$$k_a = 4.51(410)^{-0.265}$$

$$k_a = 0.915$$

El factor de tamaño k_b

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura 33. Factor de tamaño [20].

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$k_b = \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.107}$$

$$k_b = \left(\frac{8}{7.62} \right)^{-0.107}$$

$$k_b = 0.994$$

El factor de carga k_c

El eje solo va a soportar cargas de flexión provenientes de la estructura, por lo tanto, el factor de carga es 1

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases}$$

Figura 34. Factor de carga [20].

$$k_c = 1$$

El factor de temperatura k_d

Como el dispositivo de asistencia se va a encontrar al ambiente en la fundación, por lo tanto, el factor de temperatura es 1

$$k_d = 1$$

El factor de confiabilidad k_e

El diseño del dispositivo de asistencia tiene un factor de confiabilidad del 90%, por lo tanto, el factor es 0.9

$$k_e = 0.9$$

Factor de modificación de efectos varios k_f

Al no tener condiciones, el factor de modificación es 1

$$k_f = 1$$

Una vez obtenido todos los factores se puede reemplazar en la ecuación y halla el límite a la fatiga

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e$$

$$S_e = (0.915)(0.994)(1)(1)(0.9)(1)(205)$$

$$S_e = 167.80 \text{ MPa}$$

El límite de resistencia a la fatiga es igual a 167.80 MPa

A continuación, se procede a calcular el factor de seguridad del eje aplicando la Ec. 3

Datos:

$$S_y = 235 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{eje} = 13.229 \frac{N}{mm^2}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eje}}$$

$$n = \frac{235 \frac{N}{mm^2}}{13.229 \frac{N}{mm^2}}$$

$$n = 17.76$$

Si $n > 1$ el elemento resiste

$$17.76 > 1$$

El eje si resiste a la carga.

3.3.3.4. Cálculo de resistencia del eje como pasador en la parte posterior de la estructura

Una vez analizado las cargas de la parte delantera de la estructura, se procede a estudiar el tramo 2, es decir las cargas en la parte posterior donde se encuentra el eje y funciona como pasador. De esta manera, se calcula el esfuerzo cortante del mismo aplicando la Ec.4

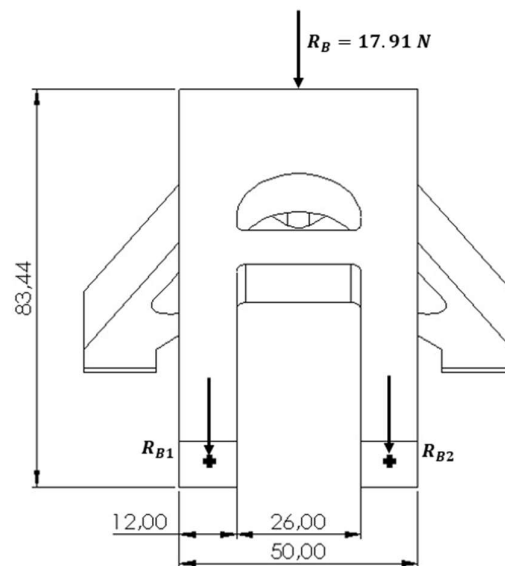


Figura 35. Representación de reacciones de la parte trasera de la estructura.

Al ser una pieza simétrica la fuerza que llega por la parte superior se la divide entre dos para obtener las reacciones superiores.

Datos:

$$R_B = 17.01 \text{ N}$$

$$R_{B1} = R_{B2}$$

$$R_{B1} = \frac{R_B}{2}$$

$$R_{B1} = \frac{17.01 \text{ N}}{2}$$

$$R_{B1} = 8.50 \text{ N}$$

$$R_{B2} = 8.50 \text{ N}$$

Cálculo del esfuerzo cortante

$$F = R_B = 17.01 \text{ N}$$

$$d = 8 \text{ mm}$$

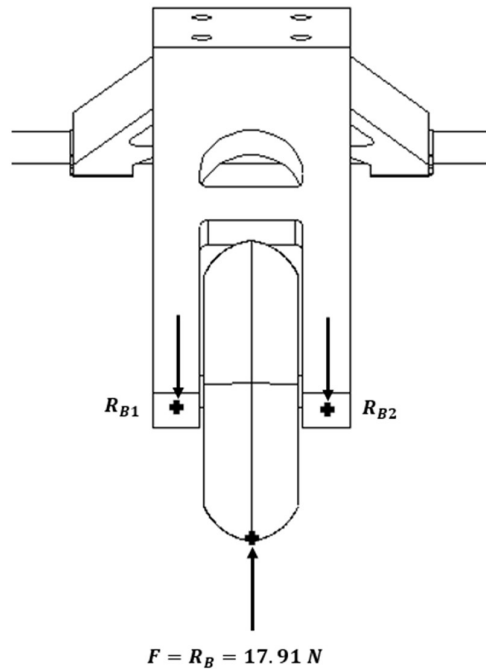


Figura 36. Representación de reacciones en el eje trasero.

$$A = \frac{\pi(d)^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi(8mm)^2}{4}$$

$$A = 50.27 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{A}$$

$$\tau = \frac{17.01 \text{ N}}{50.27 \text{ mm}^2}$$

$$\tau = 0.3384 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Se procede a calcular el factor de seguridad del eje aplicando la Ec. 3

Datos:

$$S_y = 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau = 0.3384 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n = \frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{0.3384 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$n = 694.4$$

Si $n > 1$ el elemento resiste

$$840.48 > 1$$

El tramo 2 de la estructura donde se encuentra el eje como pasador si resiste a la carga.

3.3.3.5. Cálculo del esfuerzo-deformación de la estructura

A través de un programa CAE se realizó el análisis del esfuerzo de la estructura, como se puede observar en la Fig 37.

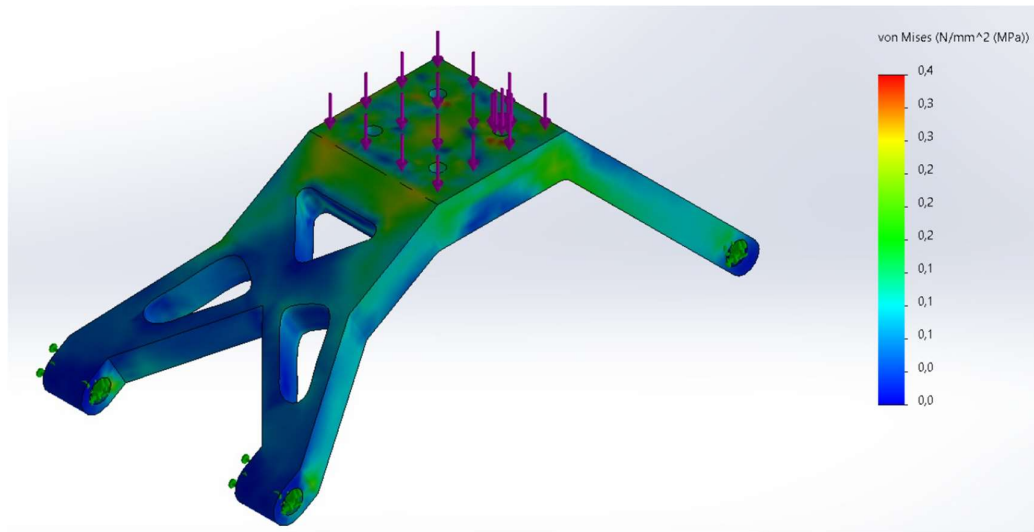


Figura 37. Simulación del esfuerzo en la estructura.

Dando como resultado un esfuerzo de Von Mises de 0.4 MPa , lo que significa que la estructura soportará sin problema alguno toda la carga ejercida por la caja torácica del can.

A continuación, se procede a calcular el factor de seguridad de la estructura aplicando la Ec. 3

Datos:

$$\sigma_{\text{compresión-ABS}} = 45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{estructura}} = 0.4 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{\text{compresión-ABS}}}{\sigma_{\text{estructura}}}$$

$$n = \frac{45 \text{ MPa}}{0.4 \text{ MPa}}$$

$$n = 112.5$$

Si $n > 1$ el elemento resiste

$$112.5 > 1$$

La estructura resiste a la carga.

El diseño se está considerando en base a la rigidez del elemento, es decir a la deformación por ende el factor de seguridad es elevado

El análisis de la deformación de la estructura se lo determinó de igual manera a través de un programa CAE, como se puede observar en la Fig 38.

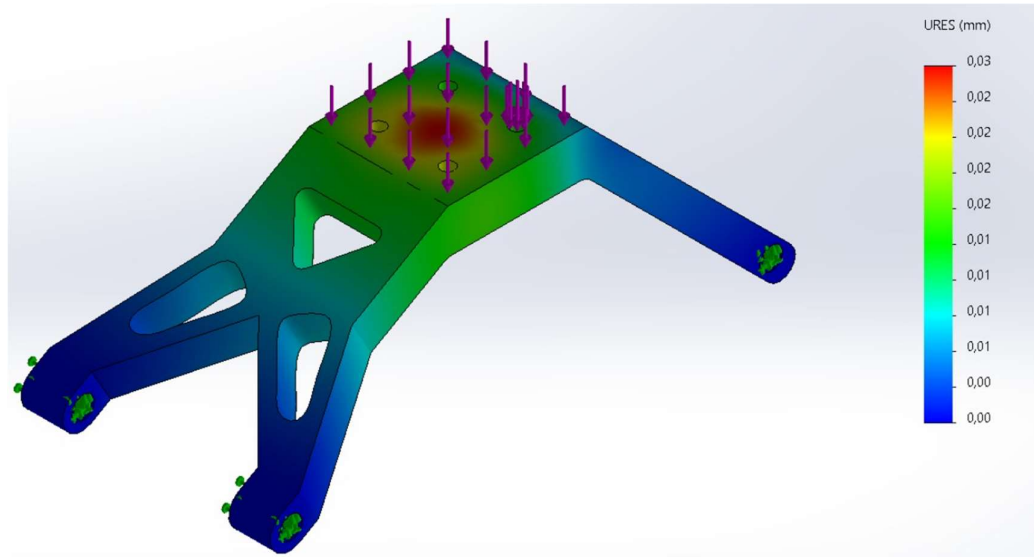


Figura 38. Simulación de la deformación de la estructura.

La deformación de la estructura tiene un valor de 0.03 mm lo que se le considera despreciable teniendo en cuenta que el elemento más crítico del dispositivo de asistencia es la estructura por las cargas que soporta.

3.3.3.6. Diámetro de las ruedas

Para determinar el diámetro que deben tener las ruedas se basó fundamentalmente en el principio de llegar a alcanzar la altura que normalmente tiene el can, según [13] recomienda que dicha distancia se la puede determinar midiendo en la parte trasera del can, desde el suelo hasta el lomo; obteniendo como resultado una altura de 26 cm. Además, Walkin’Pets [32], menciona que también es necesario considerar el peso del animal para determinar el diámetro correcto de las ruedas, como se puede observar en la Fig 39, detalla las dimensiones de la rueda acorde al peso y a la medida de sus extremidades.

El can beneficiario pesa 12.1 lb, por lo tanto, se requiere de una rueda de 7 – 8”, transformando al SI da un diámetro de 20 cm para que una vez ensamblado todo el dispositivo de asistencia recupere su altura normal.

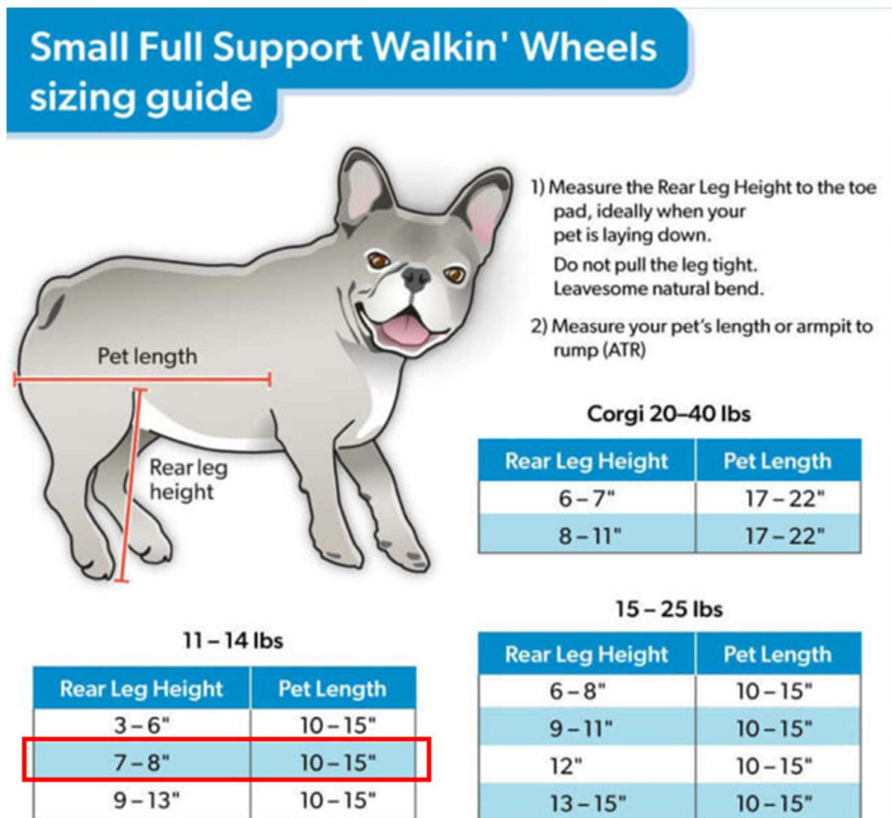



Figura 39. Diámetro de las ruedas acorde al peso del can [32].

a. Ruedas Grandes

Las dos ruedas principales del dispositivo de asistencia fueron tomadas de un coche de bebé de la marca Happy Baby modelo “Klaus”[33]. Debido a que este tipo de ruedas son livianas, resistentes y duraderas. Apropriadas para una silla de ruedas para un can de raza pequeña que no ejerce mucha fuerza sobre el dispositivo. A continuación, en la Tabla 17, se detalla las especificaciones de las ruedas grandes.

Tabla 17. Especificaciones de la rueda delantera.

RUEDA GRANDE HAPPY BABY “KLAUS”	
CARACTERÍSTICAS	REPRESENTACIÓN
Diámetro externo	200 mm
Diámetro interno	8 mm
Ancho	45 mm
Peso	171 g

Material	Goma Eva de alta densidad	
----------	---------------------------	---

b. Rueda pequeña

Se empleó una rueda pequeña tipo scooter de la marca Oxelo[34], la cual presenta una buena resistencia a la abrasión; perfecta para superficies de los suelos que tiene la Fundación Paquito donde el can habita actualmente. De igual forma cuenta con un rodamiento en su parte interna para que pueda revolucionar la rueda respecto al eje. En la Tabla 18, se detalla las especificaciones de misma.

Tabla 18. Especificaciones de la rueda trasera.

Rueda pequeña Oxelo				
CARACTERÍSTICAS		REPRESENTACIÓN		
Diámetro externo				
Diámetro interno			76 mm	
Ancho			8 mm	
Peso			24 mm	
Material			110 g	
Rodamiento			Clase:	ABEC 5
			ISO:	Class 5

3.3.3.7. Selección de los tornillos, tuercas y arandelas de sujeción

Se ha considerado que una vez que los tornillos estén ajustados queden perdidos en la pechera con la finalidad de que no tengan contacto con la piel del can, debido a que esto provocaría rozamiento y daría lugar a infecciones en la piel del can.

Los tornillos que sujetan la pechera con la estructura se los selecciona en función al diámetro del agujero y a la longitud, como se puede observar en la Figura 40, de tal manera que se necesita de un tornillo que atraviese los dos componentes y sirva como conexión, los mismos que son ajustados con una arandela y una tuerca al otro extremo dejándolos conectados.

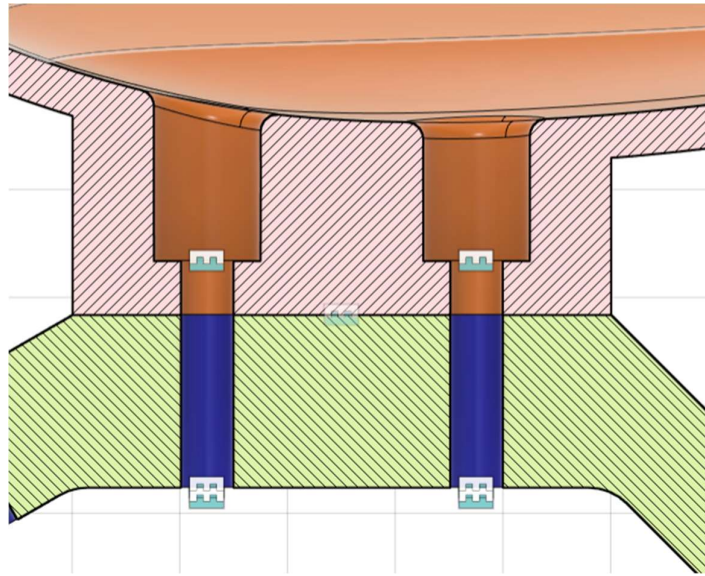


Figura 40. Representación de la unión de la pechera con la estructura.

Datos:

$$d = 5 \text{ mm}$$

Para determinar la longitud necesaria de los tornillos se suman los espesores que tendrían contacto con el mismo, entre ellos se encuentra la base de la pechera y la estructura como tal.

$$\sum L_{\text{minima}} = e_{\text{base pe}} + e_{\text{estructura}} + e_{\text{arandela}} + e_{\text{tuerca}}$$

$$\sum L_{\text{minima}} = 5 \text{ mm} + 16 \text{ mm} + 4 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$$

$$\sum L_{\text{minima}} = 26 \text{ mm}$$

La longitud mínima que debe tener el tornillo es de 26 mm, por lo tanto, en el mercado se puede encontrar tornillos de 30 mm de longitud, el mismo que sería apropiado para la sujeción entre los dos componentes.



Figura 41. Selección de tornillos.

3.3.3.8. Selección del anillo de retención

El anillo de retención es seleccionado en función a las dimensiones de la ranura, la misma que fue maquinada en el torno. La ranura tiene un ancho de 0.9 mm y un diámetro de 6.7 mm, por lo tanto, al maquinar el eje se redujo su diámetro ± 1 mm para que dé lugar a la ranura donde ingresa externamente el anillo de retención.

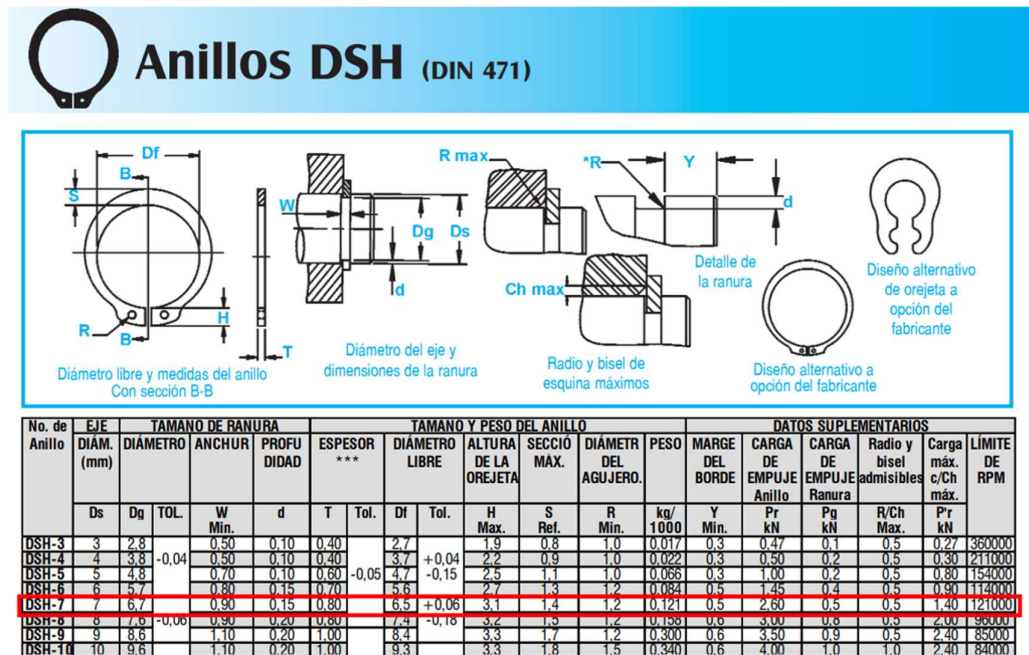


Figura 42. Selección de anillos de retención.

Se seleccionó un anillo de retención DSH-7 DIN 471 para asegurar las ruedas grandes y la estructura en el eje, para que de esta manera permanezcan fijos.

3.4.Sujeciones

El dispositivo de asistencia cuenta con dos correas de sujeción, las cuales son empleadas para mantener al can fijo en la pechera. Dichas correas de sujeción o también conocidas como reatas son utilizadas en el campo de la medicina veterinaria en arneses, correas de paseo o incluso en estructuras médicas como lo son los bozales. Esto gracias a la gran resistencia que presenta el nylon que es el material con el que están fabricados las correas. Además, la reata de nylon garantiza la comodidad, seguridad y la salud del animal [35].

Cada correa de sujeción cuenta con una abrazadera de neopreno, este tejido sintético es empleado en la industria médica por sus excelentes propiedades hipoalergénicas, utilizado en revestimientos de prótesis de pierna, brazo e incluso en animales en prótesis de extremidades. Es un buen aislante térmico y resistente a la intemperie [36].

3.5.Ergonomía

El dispositivo de asistencia al contar con una pechera donde va a descansar la caja torácica del can y sus extremidades deformadas. Dispone de un forro suave, cómodo y duradero. El forro está conformado por dos tipos de telas una inferior y otra superior unidas mediante un proceso de costura.

En la parte inferior del forro se encuentra una tela “Micropolar”, dicho tejido es recomendado por su suavidad y su capacidad de absorber la humedad, manteniéndose de esta manera seco y cómodo debido a que es altamente aislante [37].

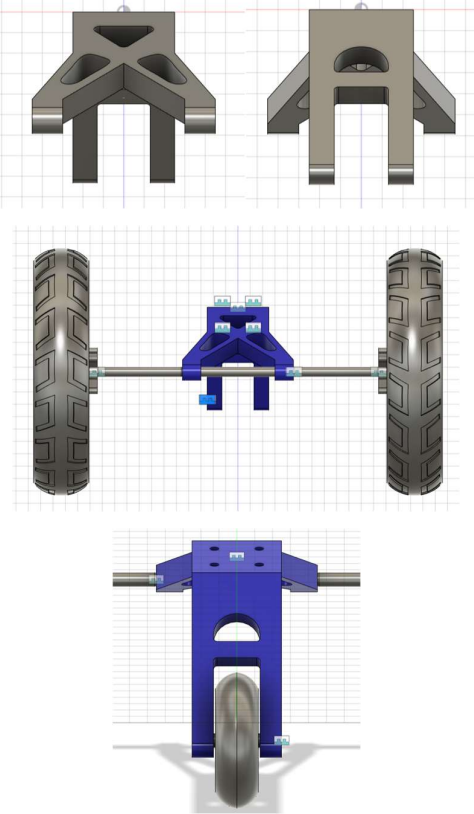
En la parte superior del forro se encuentra la Airnet Spacer plus 310, este tipo de tejido es empleado en la industria por su buen acolchonamiento, resistente a la fricción y sobre todo permite la circulación de aire por todo el tejido, lo que es necesario para el forro de la pechera debido a que al estar en contacto con el pelaje del can puede almacenar calor y este tipo de tejido ayuda a dispersar el calor manteniéndolo seco y libre de irritaciones [38].

3.6. Proceso de diseño y modelado

Tabla 19. Proceso de construcción del dispositivo de asistencia.

PROCESO DE DISEÑO Y MODELADO		
°N	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
1	Tomar medidas del can para la obtención de los parámetros indispensables que se debe considerar para el modelado del dispositivo de asistencia.	
2	Modelar la pechera a través de un programa asistido por computador CAD, la misma que debe ir acorde a las siguientes medidas: el ancho del abdomen del can, el diámetro de sus extremidades anteriores y la distancia existente entre patas. De igual forma, se contempla el tipo de costillas o la forma en la que están distribuidas para que la pechera se pueda adaptar.	
3	Diseñar cuatro aberturas en el filo superior de la pechera debido a que van a cruzar las correas ajustables que aseguran al can.	

4	<p>Se realizó perforaciones en las paredes de la pechera para que el calor no se concentre dentro de la misma y exista ventilación entre la superficie interna de la pechera con el pelaje del can.</p>	
5	<p>En la parte inferior de la pechera posee una figura cuadrada con 4 agujeros por donde pasan 4 tornillos que sirve de conexión con la estructura (soporte) de tal manera que dichos tornillos quedan perdidos en la pechera y no tienen contacto con el pelaje del can.</p>	
6	<p>Modelar la estructura (soporte) del dispositivo teniendo en cuenta los ángulos de inclinación de los dos extremos debido a que se debe cumplir la altura medida entre el suelo y el lomo del can, con la finalidad de recuperar su altura normal.</p>	
7	<p>En la parte superior de la estructura se distribuyen cuatro agujeros los cuales sirven de conexión con la pechera.</p>	

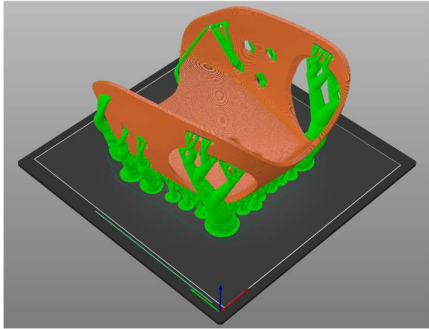
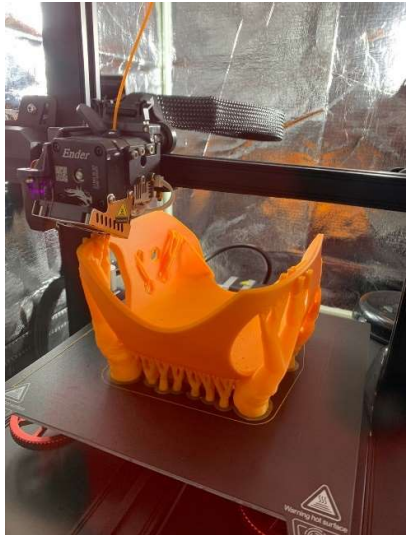
<p>8 La estructura está compuesta por dos ramas, es decir, se modeló una rama delantera por donde cruzó el eje que conecta las dos ruedas principales. Dicha rama presenta un diseño particular a fin de alivianar peso y siga manteniendo su resistencia. Con respecto al diseño de la rama trasera de igual forma cruza un eje de menor longitud que sirve de conexión entre la estructura y la rueda de scooter. De esta forma dicha rueda brinda estabilidad tanto a la estructura como al dispositivo de asistencia en sí.</p>	
---	---

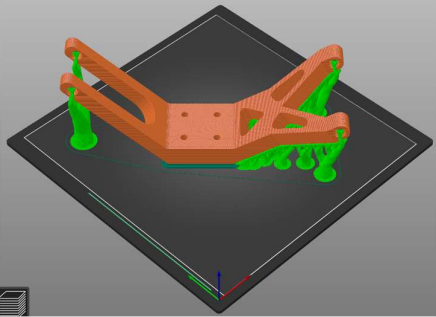
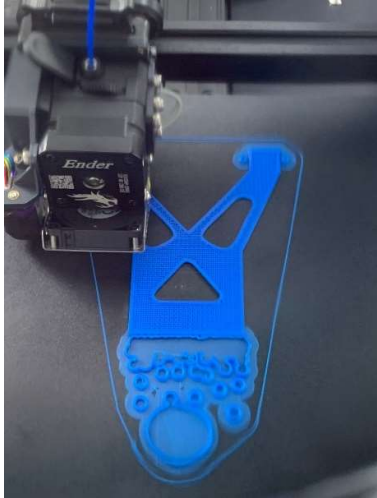

3.7. Proceso de Construcción


La fabricación de los principales componentes del dispositivo de asistencia se lo llevó a cabo a través de manufactura aditiva, la cual brinda la capacidad de obtener elementos funcionales, resistentes y sobre todo de bajo costo.

Aplicando esta técnica de manufactura da como resultado los siguientes parámetros: el tiempo aproximado de impresión, la cantidad de material empleado para la producción de cada pieza y el costo que representa la fabricación de cada componente. Como se detalla en la Tabla 20, los parámetros utilizados para la elaboración tanto de la pechera como de la estructura (soporte).

Tabla 20. Proceso de manufactura del dispositivo de asistencia.

PROCESO DE MANUFACTURA		
°N	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
1	<p>Utilizando el programa PrusaSlicer se laminó la pechera empleando los siguientes parámetros de impresión:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Filamento ABS de 1.75 mm de diámetro de color naranja • Temperatura de impresión: 230°C • Temperatura de la cama de impresión: 90°C • Giroid como patrón de relleno • La densidad o cantidad de relleno es de 50% del material • La altura de capa es de 0.2 mm • Perímetro: 3 líneas; 1.2 mm de espesor • La velocidad de impresión es de 50mm/s • Uso de soportes tipo orgánico en voladizos que superan los 40° <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de impresión aproximado: 1 día, 12 horas y 17 minutos. • Material utilizado: 195.03 g 	 
2	<p>El laminado de la estructura (soporte) requirió los siguientes parámetros de impresión:</p>	


	<ul style="list-style-type: none"> • Filamento ABS de 1.75 mm de diámetro de color azul • Temperatura de impresión: 230°C • Temperatura de la cama de impresión: 90°C • Giroid como patrón de relleno • La densidad o cantidad de relleno es de 50% del material • La altura de capa es de 0.2 mm • La velocidad de impresión es de 50mm/s • Uso de soportes tipo orgánico en voladizos que superan los 40° <p>Resultados:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de impresión aproximado: 16 horas y 6 minutos • Material utilizado: 87.88 g 	 
3	<p>En el torno se realizó las ranuras en el eje para que pueda ingresar los anillos de retención, esto con la finalidad de que mantenga firme a la estructura y a las dos ruedas principales.</p>	

4	<p>Mediante un proceso de corte y costura se fabricó las correas de sujeción y el forro donde descansa el pecho del can.</p>	
---	--	---

3.8. Proceso de Postprocesado

Tabla 21. Proceso de postprocesado del dispositivo de asistencia.


PROCESO DE POSTPROCESADO		
°N	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
11	<p>Se removió los soportes tanto de la pechera como de la estructura para de esta manera dejar netamente la pieza modelada.</p>	

12	<p>Con una lija se removió los excesos de material que deja la impresión en la parte interna como externa de la pechera, de la misma forma en la estructura. Esto se lo realizó con la finalidad de obtener una superficie lisa y uniforme.</p>	
----	---	---

3.9. Proceso de Ensamble

Tabla 22. Proceso de ensamble del dispositivo de asistencia.



PROCESO DE ENSAMBLE		
°N	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
13	<p>Se unió la pechera con la estructura mediante los tornillos M5x0.8x30mm y se los sujeto mediante la arandela y la tuerca en la parte inferior de la estructura.</p>	
14	<p>Se posiciono la rueda pequeña del scooter en la rama trasera de la estructura mediante el eje pequeño, dejándola ensamblada.</p>	
15	<p>Se atravesó el eje en la estructura posicionándolo en la mitad para que se puedan anclar las ruedas principales.</p>	

16	Se colocó los anillos de retención en el eje para asegurar las ruedas principales y la estructura del dispositivo.	
17	Se colocó las correas de sujeción y el forro en la pechera.	
18	Dejando como resultado al Dispositivo de asistencia completo	

3.10. Evaluación y pruebas de funcionamiento del dispositivo de asistencia aplicados en el can

En la Tabla 23, se evaluó el dispositivo de asistencia conforme a los parámetros físicos y ergonómicos, mediante un proceso experimental aplicado en el can. De manera que pueda recuperar su movimiento natural sin esfuerzos. Los resultados fueron comprobados y contrastados a través de un criterio médico veterinario.

Tabla 23. Ficha de pruebas de funcionamiento del dispositivo de asistencia.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE MECÁNICA					
FICHA DE PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO					
TIPO DE PRUEBA: FÍSICA					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio:	Proyecto Técnico	Codificación:	P1-DA		
Fecha de ejecución:	20/12/2023	Equipo:	Dispositivo de asistencia para extremidades delanteras (Silla de ruedas)		
Realizado por:	Jácome Chávez Diego Sebastián	Revisado por:	Ing. Segundo Espín, Mg.		
Lugar:	Instalaciones de la Fundación Paquito – ubicada en la ciudad de Ambato, Ingaurco. Centro Médico “PET.VET”	Especialista Veterinario:	Dr. Rodrigo Telenchana		
CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO DE ASISTENCIA					
Peso:	5.5 kg	Altura (mm):	255	Número de prueba:	3
Material:	Varios	Largo y Ancho (mm):	331.6 x 331.5	Especificación:	Impresión 3D
RESULTADOS					
N° Prueba Parámetros	1	2	3		
	✓	✓	✓		
Soporta en peso del can	✓	✓	✓		
Capacidad de movimiento	-	✓	✓		
Alineación de columna vertebral	-	✓	✓		
Facilidad de movimiento de las extremidades deformadas	✓	✓	✓		
Facilidad de movimiento del cuello	-	-	✓		

Encaja del pecho del can con la pechera	-	-	✓
Ergonomía del forro (suave y blando)	-	✓	✓
Ajuste fijo de las correas	-	-	✓
Interferencia de las ruedas principales con las extremidades deformadas	✓	-	-
Interferencia de la rueda trasera con el abdomen del can	✓	✓	-
DISPOSITIVO DE ASISTENCIA			
			
OBSERVACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • En la tercera prueba de funcionamiento, el dispositivo de asistencia se acopló perfectamente a las condiciones de movilidad del can. • En la tercera prueba de funcionamiento, el dispositivo de asistencia se cumplió con la zoometría del can. • En la tercera prueba de funcionamiento, el dispositivo de asistencia recuperó la altura normal del can dejando a su columna alineada. • En la tercera prueba de funcionamiento, el dispositivo de asistencia presenta una mejor ergonomía en el forro interno de la pechera dando como resultado comodidad a la caja torácica del can. 			
APROBACIÓN Y VALIDACIÓN			
Elaborado por:	Sr. Diego Jácome		
Revisado por:	Ing. Segundo Espín, Mg.		
Especialista Veterinario:	Dr. Rodrigo Telenchana		

El dispositivo de asistencia cumple con todos los parámetros evaluados, tanto físicos (diseño principal) y ergonómicos; lo que da lugar a una silla de ruedas segura, fija y cómoda para el uso del can. Es importante tener en cuenta que un dispositivo protésico

lleva un tiempo de adaptación, debido a que es un elemento nuevo para el animal. Conforme se familiariza el can con el dispositivo de asistencia irá movilizándose con más seguridad en la fundación.

3.11. Análisis económico

Este apartado es dedicado al estudio de los costos que representaron la fabricación total del presente proyecto técnico, detallado en las siguientes etapas: costos de Insumos, costos de mano de obra, costos de materia prima y costos de maquinado.

3.11.1. Costos de Insumos

Representan los costos de los materiales y herramientas existentes en el mercado, los cuales vienen normados por los diferentes fabricantes, es decir son seleccionados a través de catálogos.

Tabla 24. Costos de insumos.

Material	Cantidad	Dimensiones (mm)	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Eje de transmisión	1	SAE 1018 de Ø8mm	1.15	1.15
Rueda de coche de bebé marca Happy Baby modelo “Klaus”	2	Ø200	7	14
Rueda de scooter Oxelo	1	Ø76	6.5	6.5
Tornillo DIN 7985	4	M5x0.8x30	0.04	0.16
Tuerca DIN 934	4	M5x0.8	0.04	0.16
Arandela plana galvanizada 3/16”	4	4.76 L	0.01	0.04
Anillo de retención	6	DSH-7	0.25	1.5

DIN 471				
Machuelo	1	SKC M5x0.8	1.4	1.4
Porta Machuelo	1	No. M1-10	7.50	7.50
Hebillas plásticas curvas	2	25.4 Apertura	0.12	0.24
Lijas de procesado	kit	Varias	20	20
TOTAL				52.65

3.11.2. Costos de Materia prima

En este apartado se toma en cuenta los materiales que fueron conseguidos en grandes cantidades, teniendo la necesidad de cortarlos a la medida que se necesitó o materiales que fueron procesados.

Tabla 25. Costos de materia prima.

Denominación	Cantidad	Material	Dimensiones (mm)	Costo unitario (\$)	Costo total (\$)
Velcro	1	Nylon o poliéster	1000	1.1	1.1
Tela para correas	1	Neopreno	500	2.12	2.12
Tela cobertura de pechera	1	Airnet spacer Coral	500	4.15	4.15
Reata	2	Nylon o poliéster	1000L x 20A	0.30	0.60
Filamento	2	ABS	Ø1.75 X 1 kg	21	42
TOTAL:					49

3.11.3. Costos de maquinado

Son los costos equivalentes a los servicios de empleados para la construcción del dispositivo de asistencia, en donde se involucra el servicio de impresión en 3D como

costo principal, debido a que se dio uso de misma en la fabricación tanto de la pechera como de la estructura. Además, para el ensamble del eje con la estructura y hacia las ruedas se necesitó de un maquinado en torno. Por lo tanto, en la Tabla 26, se detalla el valor que representa cada servicio por hora y acorde a esto se analiza el costo de maquinado.

Tabla 26. Costos por hora.

Costo por hora de los servicios de Maquinado			
Impresión en 3D	Postprocesado	Torneado	Rectificado
\$1.2	\$0.80	\$3.50	\$2.50

Tabla 27. Costo por maquinado.

Detalle del componente	Cantidad	Número de Horas			Costo Total \$
		Impresión Ender 3 S1	Torneado	Postprocesado Rectificado	
Pechera	1	47	-	4	59.6
Estructura	1	17	-	3	22.8
Eje	1	-	1	1	6
TOTAL					88.4

3.11.4. Costos de mano de obra

En este apartado se toma en cuenta el valor por hora de todos los procesos que se aplicaron en el proyecto técnico, además, es necesario contar con mano de obra especializada en las distintas áreas que se utilizó para la construcción del dispositivo de asistencia, como fue, impresión 3D y torneado, en el Ecuador el salario básico unificado es de \$450, obteniendo un costo de \$2.80 por hora. Usualmente los costos de procesos industriales o mecánicos al ser mucho más complejos los obreros añaden un 30% al costo del valor por hora aproximadamente o más, depende mucho de la empresa.

Tabla 28. Costos de mano de obra.

Proceso	Costo/Hora (\$)	Costo total (\$)
Impresión 3D	3.65	25.55
Torneado	7.50	15
TOTAL		40.55

3.11.5. Costo total de fabricación

En la Tabla 29, se muestran los costos unitarios de cada ámbito analizado, obteniendo el costo total de todo el proyecto técnico, tomado en cuenta el diseño y construcción del dispositivo de asistencia para un can.

Tabla 29. Costos totales de fabricación.

Costos	Total (\$)
Insumos	52.65
Materia Prima	49.97
Maquinado	88.4
Mano de obra	40.55
TOTAL:	231.57

CAPÍTULO IV

CONCUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.Conclusiones

- Conforme a los dispositivos de asistencia aplicados en extremidades delanteras se ponderó y se seleccionó la silla de ruedas del caso de Tomasa debido a que es el mejor que se adapta a las necesidades del can beneficiario.
- La silla de ruedas como dispositivo de asistencia resiste la carga de 32.34 N, lo que corresponde al 60% del peso total del can, de manera que es seguro y estable al movimiento del can.
- El diseño del dispositivo de asistencia es adecuado para el can, conforme al peso de la silla de ruedas que es de 0.9 kg, a sus dimensiones, al tipo de sujeciones y a la ergonomía de este. En comparación a otras sillas de ruedas existentes en el mercado.
- La construcción del dispositivo de asistencia se realizó a través de manufactura aditiva por impresión en 3D, utilizando como materia prima al filamento ABS por sus excelentes propiedades mecánicas.
- El costo fabricación del dispositivo de asistencia (silla de ruedas) es de \$231.57, es un costo accesible en comparación a otras sillas de ruedas comerciales del extranjero.
- Se evaluó el dispositivo de asistencia (silla de ruedas) a través de una ficha donde se midieron las condiciones físicas del can al utilizar la silla de ruedas. De esta manera se evidenció un correcto acople de su caja torácica en la pechera y la recuperación de la altura normal del can.
- El dispositivo de asistencia (silla de ruedas) fue evaluado por un médico veterinario, quien verifico que la anatomía del can no se vea afectada con el uso de esta. Dando como resultado la aprobación del uso de la silla de ruedas.
- Al ser un dispositivo nuevo para el can toma un tiempo de adaptación para que el animal pueda familiarizarse y coja confianza para que se sienta seguro y libre de utilizarla. El médico veterinario sugiere que el can la utilice al menos unas 5 horas distribuidas a lo largo del día, con su tiempo de descanso; para que el can no llegue a estresarse o afectar a su salud.

4.2.Recomendaciones

- Realizar pruebas de acoplamiento en el beneficiario del dispositivo de asistencia o prótesis con la finalidad de encontrar comodidad y no le llegue a producir problemas con la piel o con algún otro órgano.
- Buscar y probar con otro tipo de componentes como ruedas, ejes y sujeciones para alivianar el peso de un componente protésico.
- Utilizar una laca específica para impresión en 3D para evitar el Warping, que se despegue la pieza de la cama caliente.
- Realizar una torre de temperatura para verificar a que temperatura el filamento de impresión en 3d trabaja adecuadamente.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. G. Arauz, P. Chiriboga, M.-G. García, I. Kao, y E. A. Díaz, «New technologies applied to canine limb prostheses: A review», *Vet World*, pp. 2793-2802, oct. 2021, doi: 10.14202/vetworld.2021.2793-2802.
- [2] M. Rojas y L. Walker, «Malformaciones Congénitas: Aspectos Generales y Genéticos», *Int. J. Morphol.*, vol. 30, n.º 4, pp. 1256-1265, dic. 2012, doi: 10.4067/S0717-95022012000400003.
- [3] Á. A. César-Juárez *et al.*, «Uso y aplicación de la tecnología de impresión y bioimpresión 3D en medicina», *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, vol. 61, n.º 6, pp. 43-51, dic. 2018.
- [4] C. Blake, S. Birch, y J. Brandão, «Medical Three-Dimensional Printing in Zoological Medicine», *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, vol. 22, n.º 3, pp. 331-348, sep. 2019, doi: 10.1016/j.cvex.2019.05.004.
- [5] P. Yilgör Huri y Ç. Oto, «3D Printing in Veterinary Medicine», *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, vol. 69, n.º 1, pp. 111-117, ene. 2022, doi: 10.33988/auvfd.871933.
- [6] P. D. Romero Salazar, «Una patita, una vida: diseño de prótesis para extremidades caninas e identidad visual para su comercialización», Udla, Quito, 2016.
- [7] A. G. Rubio Fernández, «Diseño de órtesis económica para perros con displasia de cadera, con tecnología disponible en el contexto guatemalteco», Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2011. [En línea]. Disponible en: http://bibliod.url.edu.gt/F/E2E91TIIY83F6G369SLEAQINKHS7V85ISVE2LNEXQLQREXUGII-31654?func=full-set-set&set_number=188698&set_entry=000001&format=999
- [8] *Manual Ilustrado de Cinología*. Buenos Aires, Argentina: Federación Cinológica Argentina, 2016.
- [9] G. López Contreras, «Análisis numérico y experimental de un prototipo de prótesis canina para extremidad posterior», Tesis de Grado de maestro en ciencias en ingeniería mecánica, Instituto Politécnico Nacional, México D.F., 2016.
- [10] C. S. Fernández, «Diseño y Cálculo de una prótesis canina», Tesis de Grado, Universitat Politècnica de València, 2019.
- [11] E. O. Urrutia Nogales, «Diseño y construcción de un prototipo de prótesis de pata de perro, con amputación de extremidad delantera cercana al codo, producida mediante impresión 3D para la empresa Dico-Val ubicada en la ciudad de Ambato», bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2023. Accedido: 25 de mayo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37670>
- [12] L. Acero León, «Equal», Universidad El bosque, Bogotá, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2452>
- [13] A. Bustos Aedo, «Doggo : andador canino colapsable para perros de raza pequeña con parálisis de tren posterior», 2020, Accedido: 27 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/178128>
- [14] N. Bachman, M. Lasso, O. Olaode, E. Walfield, y M. A. Zuhairi, «Design of a Prosthesis for Canines with Front Limb Deformities», A Major Qualifying Project Report, Worcester Polytechnic Institute, 2017.

- [15] Zaera Polo, «Traumatología en pequeños animales. Resolución de las fracturas más frecuentes 2ª edición», Ediciones Edra. Accedido: 29 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://edicionesedra.com/es/traumatologia-y-ortopedia/1915-traumatologia-en-pequenos-animales-resolucion-de-las-fracturas-mas-frecuentes-2-edicion.html>
- [16] V. Arnedo, «Sillas de ruedas para perros - Guía completa 2019», RedCanina.es. Accedido: 13 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.redcanina.es/sillas-de-ruedas-para-perros-guia-completa/>
- [17] D. Dias, «20 Valientes Mascotas con una Segunda oportunidad de Vida», recreoviral. Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.recreoviral.com/animales/animales-que-tuvieron-una-segunda-oportunidad-de-vivir/>
- [18] J. Herman, «TurboRoo’s first family cheers, barks for “Underdog”», The Indianapolis Star. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.indystar.com/story/life/2015/01/13/turborooos-first-family-cheers-barks-underdog/21709675/>
- [19] Bionic Pets, «Dog Prosthetics | Pet Prosthetics», Animals are born to run, we help them get there. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://bionicpets.org/>
- [20] R. G. Budynas y J. K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Novena edición. México: McGraw-Hill, 2012.
- [21] by H. Protolabs Network, «What is 3D printing? How does 3D printing work?», Hubs. Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hubs.com/guides/3d-printing/>
- [22] A. M, «Los patrones de relleno en la impresión 3D, ¿qué tipos hay y para qué se utilizan?», 3Dnatives. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.3dnatives.com/es/guia-patrones-relleno-impresion-3d-170720232/>
- [23] «Patrones de relleno | Prusa Knowledge Base». Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: https://help.prusa3d.com/article/patrones-de-relleno_177130
- [24] E. A. Echeverría Aldana, «Evaluación de la resistencia a la flexión y torsión del material ácido pololáctico (PLA) manufacturado por impresión 3D con patrón de panal de abeja y porcentaje de relleno del 50%», bachelorThesis, 2021. Accedido: 12 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20759>
- [25] Filament2Print, «PLA Smartfil Negro». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/pla-smartfil/721-pla-smartfil-negro.html>
- [26] Filament2Print, «ABS Smartfil Azul | Filament2Print». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/abs-smartfil/731-abs-smartfil-azul.html>
- [27] Filament2Print, «PETG Smartfil». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/copoliesteres-pet/735-petg-smartfil.html>
- [28] Filament2Print, «ASA Negro». Accedido: 15 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://filament2print.com/es/asa/689-asa-negro.html>
- [29] Ortocanis, «Silla de ruedas para perros [Todos los tamaños]», Ortocanis.com. Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en:

- <https://www.ortocanis.com/es/silla-de-ruedas-para-perros/sillas-de-ruedas-para-perros.html>
- [30] F. Arango, «Transformando vidas con Sillas de ruedas para mascotas Adéu». Accedido: 11 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.agrocampo.com.co/sillas-de-ruedas-para-mascotas-adeu/>
- [31] «¿Qué es el peso? (artículo)». Accedido: 20 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://es.khanacademy.org/_render
- [32] «Walkin' Wheels Full Support/4-Wheel SMALL», Walkin' Pets. Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.walkinpets.com/dog-wheelchair-quad-small-adjustable-wheelchairs-for-dogs-with-disabilities/>
- [33] «Coche Bebe Happy Baby Klaus Gris - BabyManía». Accedido: 1 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://babymania.com.co/coche-bebe-happy-baby-klaus-gris/>
- [34] «2 RUEDAS WAVEBOARD 76mm 88a», Decathlon. Accedido: 1 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.decathlon.cl/accesorios-y-repuestos/5884-1814-2-ruedas-waveboard-oxelo-negras.html>
- [35] «Arnés para perros en reata – Il Can Atelier». Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ilcanatelier.com/collections/arnes/products/arnes-lime-punch>
- [36] «Descubre el uso de la tela de neopreno en los regalos de empresa», RegalosPublicitarios.com. Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.regalospublicitarios.com/regalopedia/neopreno-tela>
- [37] «Micropolar - Azul Denim», Punto Tela. Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://puntotela.com/products/micropolar-azul-denim>
- [38] «AIRNET SPACER PLUS 310 – Manufacturas Nylma». Accedido: 22 de enero de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://nylma.com/product/airnet-spacer-plus-310/>

ANEXOS

Anexo. Ficha técnica del filamento Smart Materials ABS.



SMARTFIL[®] ABS

ABS especialmente aditivado para poder reducir el warping y el cracking. Excelente estabilidad dimensional y regularidad en la impresión.

A special additive is added to ABS to reduce contraction and warping. Excellent dimensional stability and regularity in printing.

ABS

Physical Properties	Typical Value	Test Method		
Material Density	1,04g/cm ³	ISO 1183		
Chemical Name	Acrylonitrile Butadiene Styrene			
Mechanical Properties	Typical Value	Test Method		
Charpy Notched Impact Strength ²	22 kJ/m ²	ISO 179		
Flexural Strength	65 MPa	ISO 178		
Hardness, Ball Indentation	97 MPa	ISO 2039-1		
Tensile Stress at Yield ²	45 MPa	ISO 527		
Tensile Modulus	2300 MPa	ISO 527		
<small>(2) at 23°C</small>				
Thermal Properties	Typical Value	Test Method		
Heat Deflection Temperature	99 °C	ISO 75		
Vicat Softening Temperature	105 °C	ISO 306		
Printing Properties	Typical Value			
Print Temperature	240±10 °C			
Hot Pad	80-100 °C			
Fan Layer	Off (Max 20%)			
Size	Net W.	Gross W.	Diameters	Packaging Characteristics
M	750 g	975 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
L	1000 g	1256 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XL ¹	3300 g	3864 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XXL ¹	5600 g	6346 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal
XXXL ¹	7000 g	7746 g	1.75 / 2.85 mm	SmartBag, security seal

Colores Disponibles / Available Colours

Color	Name	Colour
Natural	Natural	Natural
Blanco	Ivory White	White
Negro	True Black	Black
Amarillo	Oriinoco	Yellow
Naranja	Sunset	Orange
Coral	Coral	Coral
Rojo	Ruby	Red
Marron	Mahogany	Brown
Verde	Chlorophyll	Green 1
Verde 2	Emerald	Green 2
Verde 3	Jade	Green 3
Verde 4	Olive	Green 4
Azul 1	Sapphire	Blue 1
Azul 2	Cobalt	Blue 2
Violeta 1	Wisteria	Violet 1
Violeta 2	Aubergine	Violet 2
Rosa	Millier Lake	Pink
Gris	Antracite	Grey
Dorado	Gold	Gold
Plateado	Silver	Silver
Cambio de Color	Mix	Color Transition



Anexo. Catálogo tornillería Soyoda.

Pág.

4

TORNILLOS MILIMÉTRICOS



TORNILLOS MILIMÉTRICOS GALVANIZADOS SIN TUERCA

TORNILLO MILIMÉTRICO GALVANIZADO

TIPO DE CABEZA:

FAMILIA: TMGCM
 MEDIDAS: MILIMÉTRICA
 MATERIAL: METAL GALVANIZADO
 HILO: FINO

CÓDIGO: FAMILIA TMGCM VENTA: CIENTO

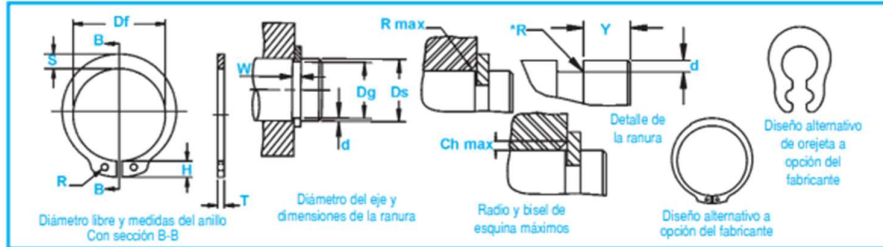
NOMENCLATURA DE CÓDIGO

D= Diámetro del Tornillo
 L= Longitud del Tornillo

CÓDIGO:	DIÁMETRO:	LONGITUD:	MÁSTER (CT)
TMGCM03010	3 MM	10 MM	200 CT.
TMGCM03020	3 MM	20 MM	160 CT.
TMGCM03025	3 MM	25 MM	100 CT.
TMGCM03035	3 MM	35 MM	100 CT.
TMGCM03040	3 MM	40 MM	100 CT.
TMGCM03050	3 MM	50 MM	80 CT.
TMGCM04010	4 MM	10 MM	120 CT.
TMGCM04015	4 MM	15 MM	100 CT.
TMGCM04020	4 MM	20 MM	80 CT.
TMGCM04025	4 MM	25 MM	70 CT.
TMGCM04030	4 MM	30 MM	60 CT.
TMGCM04040	4 MM	40 MM	50 CT.
TMGCM04050	4 MM	50 MM	40 CT.
TMGCM05010	5 MM	10 MM	70 CT.
TMGCM05015	5 MM	15 MM	60 CT.
TMGCM05020	5 MM	20 MM	50 CT.
TMGCM05025	5 MM	25 MM	40 CT.
TMGCM05030	5 MM	30 MM	40 CT.
TMGCM05035	5 MM	35 MM	40 CT.
TMGCM05040	5 MM	40 MM	30 CT.
TMGCM05050	5 MM	50 MM	25 CT.
TMGCM05060	5 MM	60 MM	20 CT.
TMGCM05070	5 MM	70 MM	20 CT.
TMGCM05080	5 MM	80 MM	17 CT.
TMGCM06010	6 MM	10 MM	40 CT.
TMGCM06015	6 MM	15 MM	35 CT.
TMGCM06020	6 MM	20 MM	30 CT.
TMGCM06025	6 MM	25 MM	30 CT.
TMGCM06030	6 MM	30 MM	23 CT.
TMGCM06035	6 MM	35 MM	20 CT.
TMGCM06040	6 MM	40 MM	20 CT.
TMGCM06050	6 MM	50 MM	15 CT.
TMGCM06060	6 MM	60 MM	15 CT.
TMGCM06070	6 MM	70 MM	13 CT.
TMGCM06080	6 MM	80 MM	12 CT.

Anexo. Catálogo anillos de retención.

Anillos DSH (DIN 471)



No. de Anillo	EJE		TAMANO DE RANURA				ESPESOR ***			TAMANO Y PESO DEL ANILLO					DATOS SUPLEMENTARIOS					
	DIAM. (mm)	TOL.	DIAMETRO	ANCHUR	PROFU DIDAD	ESPESOR	DIAMETRO LIBRE		ALTIMA DE LA OREJETA	SECCIO. MAX.	DIAMETR DEL AGUJERO.	PESO	MARGE DEL BORDE	CARGA DE EMPUJE Anillo	CARGA DE EMPUJE Ranura	Radio y bisel admisibles	Carga máx. c/Ch máx.	LIMITE DE RPM		
							Ds	Dg											H Max.	S Ref.
DSH-3	3	±0.04	2.8	0.50	0.10	0.40	2.7	2.2	1.9	0.8	1.0	0.017	0.3	0.47	0.1	0.5	0.27	350000		
DSH-4	4	±0.04	3.8	0.50	0.10	0.40	3.7	2.2	2.2	0.9	1.0	0.022	0.3	0.50	0.2	0.5	0.30	210000		
DSH-5	5	±0.04	4.8	0.70	0.10	0.60	4.7	2.5	2.5	1.1	1.0	0.026	0.3	1.00	0.2	0.5	0.80	154000		
DSH-6	6	±0.04	5.7	0.80	0.15	0.70	5.6	2.7	2.7	1.3	1.2	0.034	0.5	1.45	0.4	0.5	0.90	114000		
DSH-7	7	±0.06	6.7	0.90	0.15	0.80	6.5	3.1	3.1	1.4	1.2	0.121	0.5	2.60	0.5	0.5	1.40	121000		
DSH-8	8	±0.06	7.6	0.90	0.20	0.80	7.4	3.2	3.2	1.5	1.2	0.158	0.6	3.00	0.8	0.5	2.00	96000		
DSH-9	9	±0.06	8.6	1.10	0.20	1.00	8.4	3.3	3.3	1.7	1.2	0.300	0.6	3.50	0.9	0.5	2.40	85000		
DSH-10	10	±0.06	9.6	1.10	0.20	1.00	9.3	3.3	3.3	1.8	1.5	0.340	0.6	4.00	1.0	1.0	2.40	84000		
DSH-11	11	±0.06	10.5	1.10	0.25	1.00	10.3	3.3	3.3	1.8	1.5	0.410	0.8	4.50	1.4	1.0	2.40	70000		
DSH-12	12	±0.11	11.5	1.10	0.25	1.00	11.0	3.4	3.4	1.8	1.7	0.500	0.8	5.00	1.5	1.0	2.40	58000		
DSH-13	13	±0.11	12.4	1.10	0.30	1.00	11.9	3.4	3.4	2.0	1.7	0.530	0.8	5.50	2.0	1.0	2.40	48000		
DSH-14	14	±0.11	13.4	1.10	0.30	1.00	12.9	3.5	3.5	2.1	1.7	0.620	0.9	6.40	2.1	1.0	2.40	38000		
DSH-15	15	±0.11	14.3	1.10	0.35	1.00	13.8	3.6	3.6	2.2	1.7	0.670	1.1	6.90	2.6	1.0	2.40	30000		
DSH-16	16	±0.15	15.2	1.10	0.30	1.00	14.7	3.7	3.7	2.2	1.7	0.700	1.2	7.40	3.2	1.0	2.40	25000		
DSH-17	17	±0.15	16.2	1.10	0.30	1.00	15.7	3.8	3.8	2.3	1.7	0.820	1.2	8.00	3.4	1.0	2.40	21000		
DSH-18	18	±0.15	17.0	1.30	0.30	1.20	16.8	3.8	3.8	2.4	2.0	1.110	1.5	11.00	4.4	1.5	3.75	20000		
DSH-19	19	±0.15	18.0	1.30	0.30	1.20	17.8	3.9	3.9	2.5	2.0	1.220	1.5	12.00	4.8	1.5	3.80	18000		
DSH-20	20	±0.15	19.0	1.30	0.30	1.20	18.8	4.0	4.0	2.6	2.0	1.300	1.5	13.00	5.0	1.5	3.85	16000		
DSH-21	21	±0.13	20.0	1.30	0.30	1.20	19.8	4.1	4.1	2.7	2.0	1.420	1.5	14.80	5.3	1.5	3.75	14000		
DSH-22	22	±0.13	21.0	1.30	0.30	1.20	20.8	4.2	4.2	2.8	2.0	1.500	1.5	15.90	5.8	1.5	3.80	12000		
DSH-23	23	±0.15	22.0	1.30	0.30	1.20	21.8	4.3	4.3	2.9	2.0	1.630	1.5	16.60	5.9	1.5	3.80	10000		
DSH-24	24	±0.15	23.0	1.30	0.35	1.20	22.8	4.4	4.4	3.0	2.0	1.770	1.7	18.10	6.7	1.5	3.65	9000		
DSH-25	25	±0.15	23.9	1.30	0.35	1.20	23.8	4.4	4.4	3.1	2.0	1.900	1.7	19.10	7.3	1.5	3.70	8000		
DSH-26	26	±0.21	24.9	1.30	0.35	1.20	24.8	4.5	4.5	3.1	2.0	1.990	1.7	19.10	7.3	1.5	3.70	7000		
DSH-27	27	±0.21	25.8	1.30	0.40	1.20	25.8	4.6	4.6	3.1	2.0	2.180	2.1	19.40	9.6	1.5	3.80	6200		
DSH-28	28	±0.21	26.8	1.60	0.40	1.50	26.8	4.7	4.7	3.2	2.0	2.320	2.1	19.10	10.0	1.5	7.50	5400		
DSH-29	29	±0.21	27.8	1.60	0.40	1.50	27.8	4.8	4.8	3.4	2.0	3.200	2.1	31.80	10.3	1.5	7.45	4000		
DSH-30	30	±0.25	28.6	1.60	0.40	1.50	27.9	5.0	5.0	3.5	2.0	3.320	2.1	32.10	10.7	1.5	7.95	3800		
DSH-31	31	±0.25	29.3	1.60	0.45	1.50	28.8	5.1	5.1	3.5	2.5	3.450	2.6	31.50	13.4	2.0	5.50	3300		
DSH-32	32	±0.25	30.0	1.60	0.45	1.50	29.8	5.2	5.2	3.6	2.5	3.520	2.6	31.20	13.8	2.0	5.55	2800		
DSH-33	33	±0.25	31.3	1.60	0.45	1.50	30.8	5.2	5.2	3.7	2.5	3.660	2.6	31.60	14.3	2.0	5.85	2400		
DSH-34	34	±0.25	32.3	1.60	0.45	1.50	31.8	5.3	5.3	3.8	2.5	3.800	2.6	31.30	14.7	2.0	5.80	1900		
DSH-35	35	±0.25	33.0	1.60	1.00	1.50	32.7	5.6	5.6	3.9	2.5	4.000	3.0	30.80	17.8	2.0	5.55	1500		
DSH-36	36	±0.30	34.0	1.85	1.00	1.75	33.7	5.6	5.6	4.0	2.5	5.000	3.0	49.40	18.3	2.0	9.00	1450		
DSH-37	37	±0.30	35.0	1.85	1.00	1.75	34.7	5.7	5.7	4.1	2.5	5.310	3.0	50.00	18.8	2.0	9.15	1310		
DSH-38	38	±0.30	36.0	1.85	1.00	1.75	35.7	5.8	5.8	4.2	2.5	5.630	3.0	49.50	19.3	2.0	9.10	1230		
DSH-39	39	±0.25	37.0	1.85	1.00	1.75	36.7	5.9	5.9	4.3	2.5	5.820	3.0	49.80	19.9	2.0	9.25	1150		
DSH-40	40	±0.25	37.5	1.85	1.25	1.75	37.8	6.0	6.0	4.4	2.5	6.030	3.8	51.00	25.3	2.0	9.50	1130		
DSH-41	41	±0.39	38.5	1.85	1.25	1.75	38.8	6.2	6.2	4.5	2.5	6.215	3.8	50.10	26.0	2.0	9.40	1050		
DSH-42	42	±0.39	39.5	1.85	1.25	1.75	39.8	6.5	6.5	4.5	2.5	6.500	3.8	50.00	26.7	2.0	9.45	1000		
DSH-43	43	±0.39	41.5	1.85	1.25	1.75	40.8	6.6	6.6	4.6	2.5	7.000	3.8	48.50	28.0	2.0	9.20	1180		
DSH-45	45	±0.39	42.5	1.85	1.25	1.75	41.8	6.7	6.7	4.7	2.5	7.500	3.8	48.0	28.5	2.0	9.55	1140		
DSH-46	46	±0.39	43.5	1.85	1.25	1.75	42.8	6.7	6.7	4.8	2.5	7.800	3.8	48.9	29.4	2.0	9.40	1050		
DSH-47	47	±0.39	44.5	1.85	1.25	1.75	43.8	6.8	6.8	4.9	2.5	7.900	3.8	49.5	30.0	2.0	9.55	1100		
DSH-48	48	±0.39	45.5	1.85	1.25	1.75	44.8	6.9	6.9	5.0	2.5	7.900	3.8	49.4	30.7	2.0	9.55	1000		
DSH-50	50	±0.07	47.0	2.15	1.50	2.00	45.9	6.9	6.9	5.1	2.5	10.20	4.5	73.3	38.0	2.0	14.20	1100		
DSH-52	52	±0.07	49.0	2.15	1.50	2.00	47.9	7.0	7.0	5.2	2.5	11.10	4.5	73.1	39.7	2.5	11.50	1000		
DSH-54	54	±0.30	51.0	2.15	1.50	2.00	49.8	7.1	7.1	5.3	2.5	11.30	4.5	71.2	41.2	2.5	11.30	9000		
DSH-55	55	±0.30	52.0	2.15	1.50	2.00	50.8	7.2	7.2	5.4	2.5	11.50	4.5	71.4	42.0	2.5	11.40	8000		

TODAS LAS DIMENSIONES SON EN MILIMETROS.
 *El radio "R" en el lado de la carga no debe ser mayor que 0,1 T.
 ***PARA LOS ANILLOS DE RETENCION CON RECUBRIMIENTO ELECTROLITICO, AÑADA 0,05 AL ESPESOR MÁXIMO INDICADO.
 EL ESPESOR DE ANILLO MÁXIMO SERÁ UN MÍNIMO DE 0,005 MENOR QUE LA ANCHURA (W) MÍNIMA DE RANURA INDICADA.

Anexo. Ficha técnica del Airnet Spacer Plus 310.

Ficha Técnica Comercial
Technical Commercial Sheet

Artículo / Article: - AIRNET SPACER PLUS 310

Composición / Composition : 100% Poliéster

- **Peso / Weight:** 310 gr/m² ± 10 %
- **Ancho / Width:** 140 cm ± 2 %
- **Metraje Piezas / Roll Length :** 50,- mts.

Características del tejido / Fabric's Characteristics:

- **Resistencia a la formación de pilling / Resistance to pilling**
(MARTINDALE EN ISO 20345:2011)
Seco/dry : **280.000 Ciclos/ Cycles**
Mojado/wet: **>150.000 Ciclos/ Cycles**
- **Resistencia a la Rotura/ Tear strenght : 87N**
(EN ISO 20345:2011)

Mantenimiento / Care:



Nota : Se recomienda testar el artículo antes de la manipulación de corte.
Note : We recommend to test the article before cutting.

Airnet®

3-D Fabric
the perfect climate

Caratteristiche

- massima circolazione d'aria
- elevato assorbimento del sudore
- ottima resistenza all'abrasione

Vantaggi

- velocissima riasciugatura
- elevata traspirabilità
- massimo comfort

Specifications

- best air circulation
- high moisture management
- excellent abrasion resistance

Gains

- very quick drying
- great breathability
- very comfortable

AIR CIRCULATION

MOISTURE VAPOUR

Anexo. Ficha de evaluación del dispositivo de asistencia a través de un criterio médico veterinario.



**CLINICA VETERINARIA
PEC VET TEL**



**EVALUACIÓN DE DISPOSITIVO DE ASISTENCIA - SILLA DE RUEDAS
CANINAS**

Datos del Médico Veterinario:

Nombre: Rodrigo Telenchuna

Dirección: Puerto Arturo

Teléfono: 0999832017

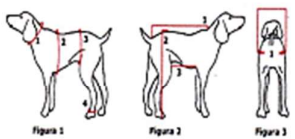
Datos del can evaluado:

Edad: 2 años

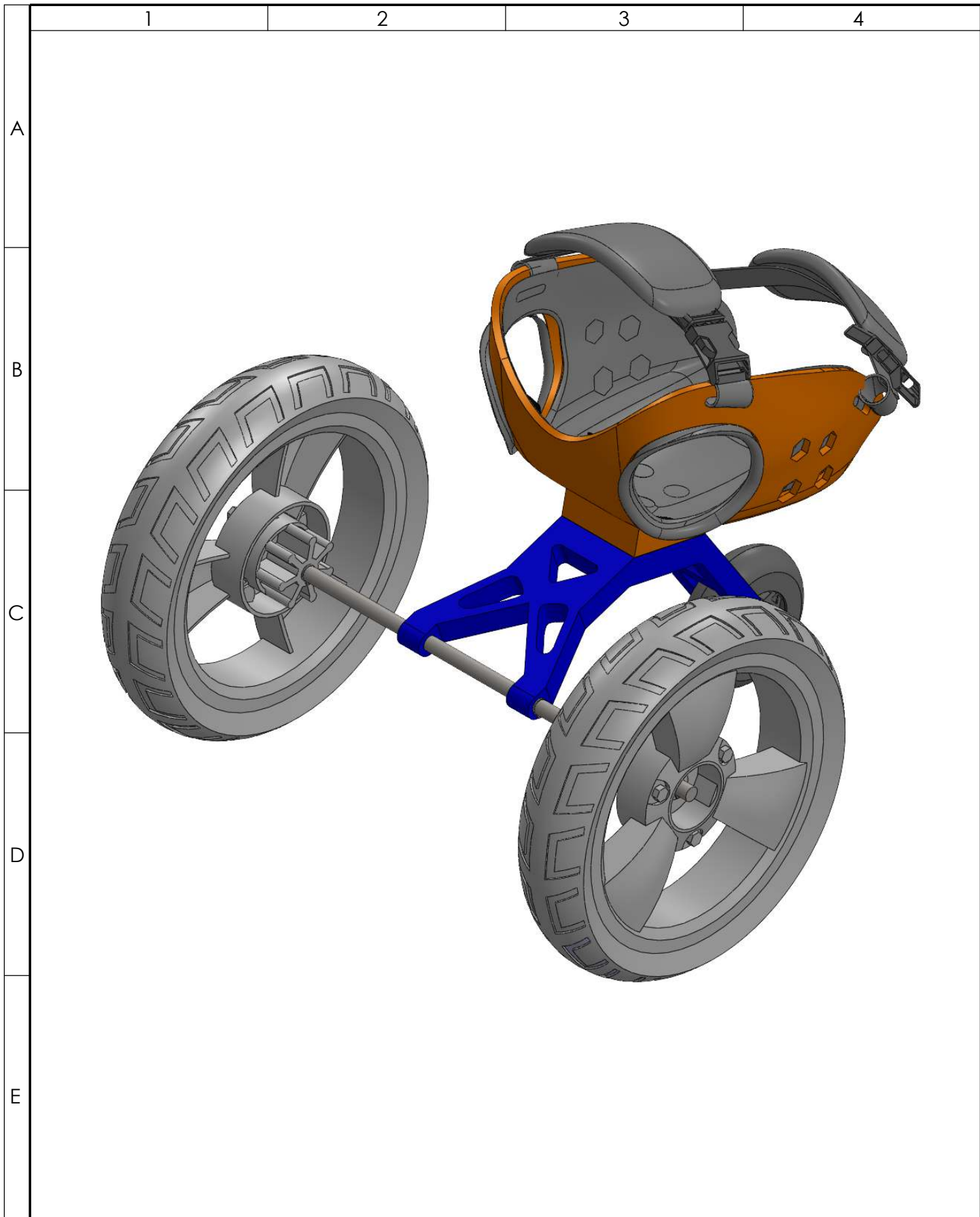
Sexo: Macho

Peso: 5.50 Kg

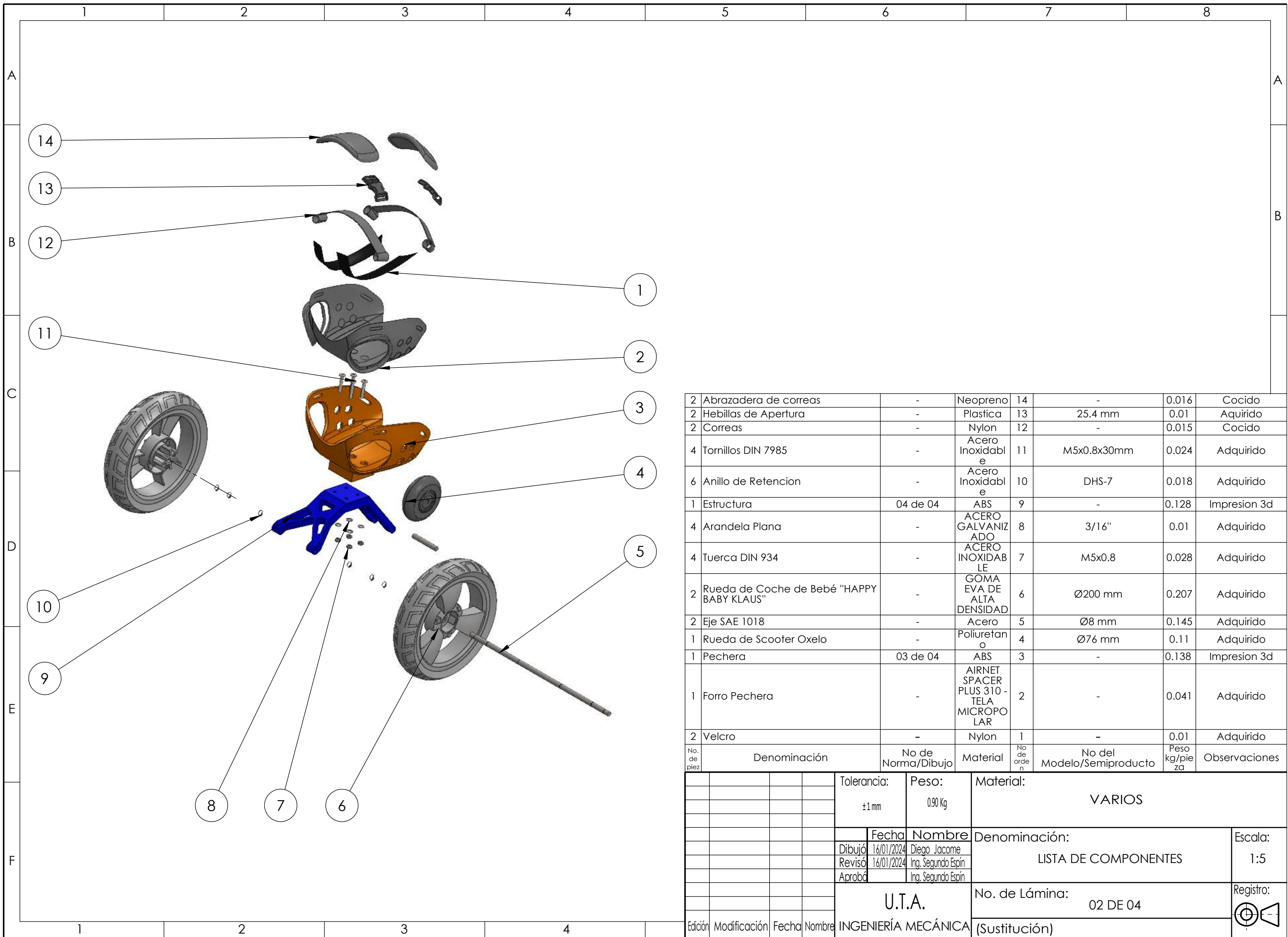
CONDICIÓN DEL CAN				
Discapacidad:	Amputación	Deformaciones	Displasia de cadera	Otro:
			X	SI
¿Rigidez muscular?			X	
¿Debilidad?				X
¿Deformidad postural?				X
¿Movimientos incontrolables?				X
¿Control de articulaciones?				X
ESTILO DE VIDA				
¿Para qué necesita una silla de ruedas?				
<u>Para mejorar su desenvolvimiento en su entorno habitual</u>				
¿Ah utilizado algún tipo de dispositivo ortopédico?				
<u>Si</u>				
¿Hay alguien que va a ayudarlo con su cuidado?				
<u>Si</u>				
¿Cómo impulsa la silla de ruedas?		Asistido X	Independientemente	

¿Cuántas horas al día utilizará la silla de ruedas?					
<i>Cinco horas al día</i>					
¿En qué tipo de terreno utilizará la silla de ruedas?	Césped	Pavimento <input checked="" type="checkbox"/>	Tierra	Baldosa	Otro
EVALUACIÓN					
FÍSICA				SI	NO
¿Soporta el peso?				<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Existe interferencia de las ruedas principales con las extremidades deformadas?					<input checked="" type="checkbox"/>
¿Existe interferencia de la rueda trasera con el abdomen del can?					<input checked="" type="checkbox"/>
POSTURA				SI	NO
¿Puede mantener su columna alineada?				<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Puede quedarse fijo a la silla de ruedas?				<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Tiene libre movilidad en el cuello?				<input checked="" type="checkbox"/>	
¿Tiene libre movilidad de las extremidades deformadas?				<input checked="" type="checkbox"/>	
ERGONOMÍA				SI	NO
¿Encaja del pecho del can con la pechera?				<input checked="" type="checkbox"/>	
¿El forro es suave y blando?				<input checked="" type="checkbox"/>	
¿El ajuste de las correas permiten que el can permanezca fijo a la pechera?				<input checked="" type="checkbox"/>	
Nota: Si en alguna marca NO, detener la evaluación y decidir si se aceptará la utilización de la silla de ruedas.					
MEDIDAS CORPORALES					
			A: Ancho del can	200 mm	
			B: Altura Lomo - Piso	260 mm	
			C: Longitud comprendida entre extremidad anterior y extremidad posterior	220 mm	


 Dr. Rodrigo Telenchana
 Médico Veterinario

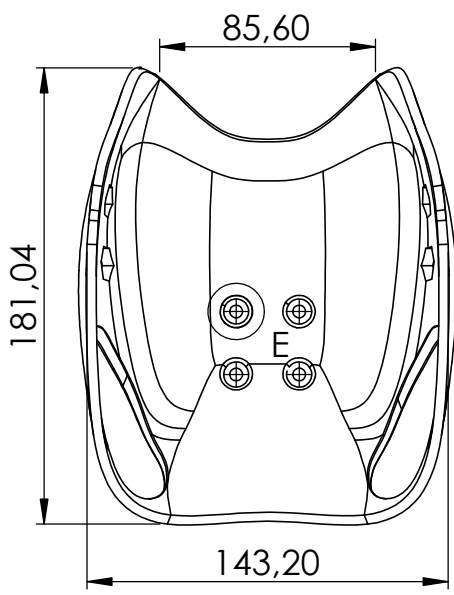


				Tolerancia: ± 1	Peso: 0.90 kg	Material: Varios		
				Fecha	Nombre	Denominación:		Escala:
				Dibujó	16/01/2024	Diego Jacome		1:2
				Revisó	16/01/2024	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó		Ing. Segundo Espín		
				U.T.A.		No. de Lámina: 01 DE 04		Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)		

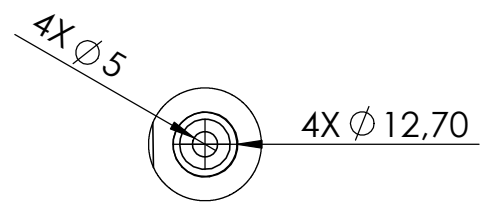


2	Abrazadera de correas	-	Neopreno	14	-	0.016	Cocido
2	Hebillas de Apertura	-	Plastica	13	25.4 mm	0.01	Aquirido
2	Correas	-	Nylon	12	-	0.015	Cocido
4	Tornillos DIN 7985	-	Acero Inoxidable	11	M5x0.8x30mm	0.024	Adquirido
6	Anillo de Retencion	-	Acero Inoxidable	10	DHS-7	0.018	Adquirido
1	Estructura	04 de 04	ABS	9	-	0.128	Impresion 3d
4	Arandela Plana	-	ACERO GALVANIZADO	8	3/16"	0.01	Adquirido
4	Tuerca DIN 934	-	ACERO INOXIDABLE	7	M5x0.8	0.028	Adquirido
2	Rueda de Coche de Bebé "HAPPY BABY KLAUS"	-	GOMA EVA DE ALTA DENSIDAD	6	Ø200 mm	0.207	Adquirido
2	Eje SAE 1018	-	Acero	5	Ø8 mm	0.145	Adquirido
1	Rueda de Scooter Oxelo	-	Poliuretano	4	Ø76 mm	0.11	Adquirido
1	Pechera	03 de 04	ABS	3	-	0.138	Impresion 3d
1	Forro Pechera	-	AIRNET SPACER PLUS 310 - TELA MICROPOLAR	2	-	0.041	Adquirido
2	Velcro	-	Nylon	1	-	0.01	Adquirido
No. de pieza	Denominación	No de Norma/Dibujo	Material	No de orden	No del Modelo/Semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

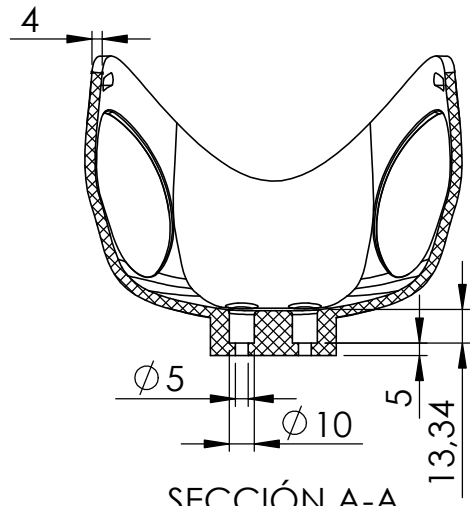
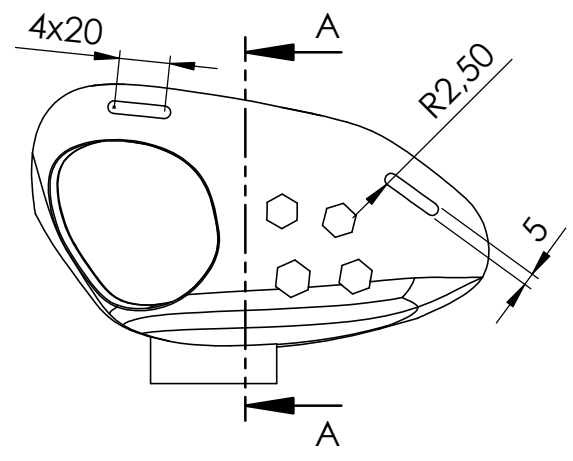
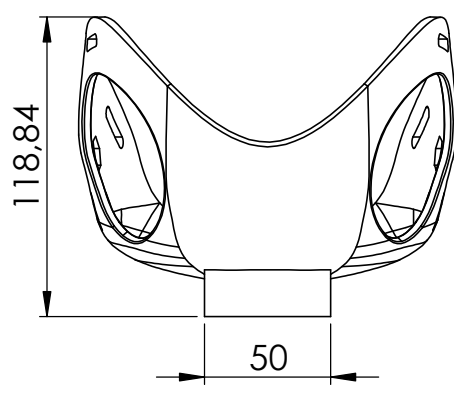
Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1mm		0.90 Kg		VARIOS			
Fecha		Nombre		Denominación:			Escala:
Dibujó 16/01/2024		Diego Jacome		LISTA DE COMPONENTES			1:5
Revisó 16/01/2024		Ing. Segundo Espín					
Aprobó		Ing. Segundo Espín					
U.T.A.				No. de Lámina:		Registro:	
INGENIERÍA MECÁNICA				02 DE 04			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



impresión 3d ✓

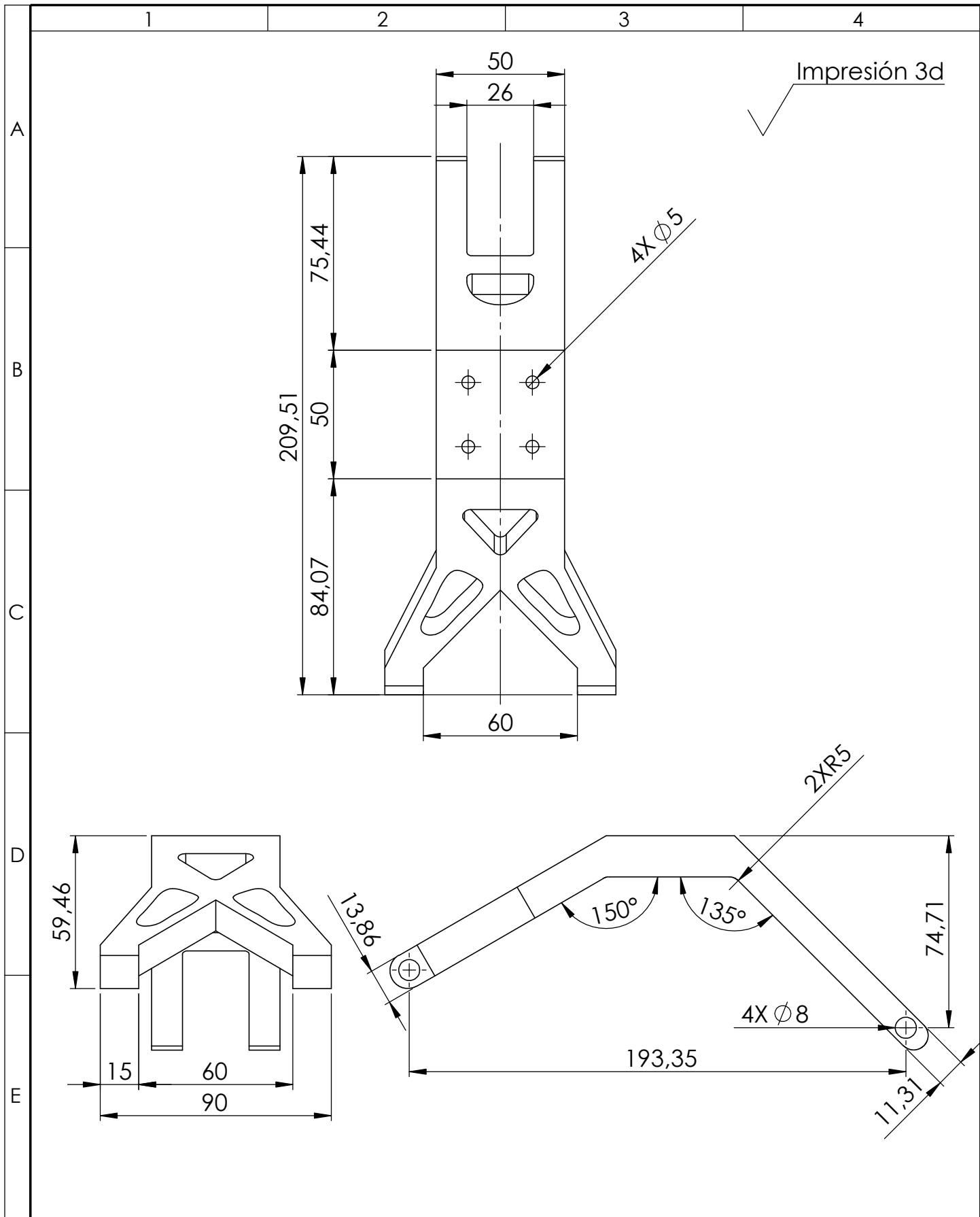


DETALLE E
ESCALA 2 : 3



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 3

				Tolerancia: ±1	Peso: 0.138 kg	Material: ABS	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó 16/01/2024	Diego Jacome	PECHERA	1:2
				Revisó 16/01/2024	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó	Ing. Segundo Espín		
				U.T.A.		No. de Lámina: 03 DE 04	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	



				Tolerancia: ±1	Peso: 0.128 kg	Material: ABS	
				Fecha	Nombre	Denominación:	Escala:
				Dibujó 16/01/2024	Diego Jácome	Estructura	1:2.5
				Revisó 16/01/2024	Ing. Segundo Espín		
				Aprobó	Ing. Segundo Espín		
				U.T.A.		No. de Lámina: 04 DE 04	Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	INGENIERÍA MECÁNICA		(Sustitución)	