



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN MECATRÓNICA**

TEMA:

**“CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMINADORA SUBACUÁTICA PARA
HIDROTERAPIA EN CANES DE RAZAS GRANDES”**

AUTOR: Yandry Xavier Caspi Rios

DIRECTOR: Ing. Luz María Tobar Subía. Msc

Ibarra-Ecuador

2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	172507957-6	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	CASPI RIOS YANDRY XAVIER	
DIRECCIÓN:		Checa. Panamericana norte y línea férrea E3-344	
EMAIL:		yandry.caspi.1999@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0969018376

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMINADORA SUBACUÁTICA PARA HIDROTERAPIA EN CANES DE RAZAS GRANDES”
AUTOR (ES):	CASPI RIOS YANDRY XAVIER
FECHA: DD/MM/AAAA	19/07/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería en mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Luz María Tobar Subia. MsC

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de julio de 2023.

EL AUTOR:

(Firma).....
Nombre: Caspi Rios Yandry Xavier

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTERGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 19 de julio de 2023

Ing. Luz María Tobar Subía, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) 
.....
Ing. Luz María Tobar Subía. Msc
C.C.: 1002444204

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis Padres Julio y Carmen, por ser el sustento de mi vida y permitirme llegar a cumplir mis metas y objetivos, a mis hermanas Gabriela y Mery por estar apoyarme en cada una de mis decisiones, y a mi sobrina Juliette que, aunque no es consciente aún, alegra mis días.

Yandry Xavier Caspi Rios

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas y cada una de las personas que han sido parte de este proceso, aportando significativamente con ideas, opciones y soluciones para que este proyecto culmine de la mejor manera.

Yandry Xavier Caspi Rios

RESUMEN

La fisioterapia canina en el país presenta un alto desarrollo en los últimos tiempos, sin embargo, la falta de equipo tecnológico adecuado dificulta esta labor. Una de las terapias físicas más utilizadas en este ámbito es la hidroterapia, aprovechando los beneficios que el agua posee para estas aplicaciones. Se presenta el diseño y construcción de una caminadora subacuática para hidroterapia en canes de razas grandes, permitiendo la aplicación de distintas técnicas de fisioterapia sobre el agua, en pacientes que previamente son evaluados por especialistas. La determinación de las necesidades y requerimientos del sistema se obtuvieron a través de entrevistas a distintos centros fisiátricos veterinarios, que trabajan con hidroterapia. De esta manera, se analizan las consideraciones estructurales para cumplir con parámetros establecidos de diseño, mediante cálculos analíticos, simulaciones y selección de materiales. Para la construcción de la estructura en la caminadora se utilizó acero inoxidable AISI 304 y 201, vidrio templado estructural de 8 mm que permite la visualización de la marcha y a su vez, alivia el estrés del paciente canino al no sentirse encerrado. La cinta caminadora, se mueve con la ayuda de un motor eléctrico externo, y cuenta con dos plataformas, una para la marcha del can y otra en donde el especialista asiste en la terapia, un sistema de llenado y vaciado mediante tuberías y también cuenta con una bomba que recircula el agua dentro de la estructura.

Palabras claves: Acero inoxidable, caminadora subacuática, fisioterapia veterinaria, hidroterapia canina, terapia acuática.

ABSTRACT

Canine physiotherapy in the country presents a high development in recent times, however, the lack of adequate technological equipment hinders this work. One of the most used physical therapies in this field is hydrotherapy, taking advantage of the benefits that water has for these applications. The design and construction of an underwater treadmill for hydrotherapy in large breed dogs is presented, allowing the application of different physiotherapy techniques on water, in patients who are previously evaluated by specialists. The determination of the needs and requirements of the system were obtained through interviews to different veterinary physiotherapy centers that work with hydrotherapy. In this way, structural considerations are analyzed to comply with established design parameters, through analytical calculations, simulations and material selection. For the construction of the structure of the treadmill we used AISI 304 and 201 stainless steel, 8 mm tempered structural glass that allows the visualization of the gait and in turn, relieves the stress of the canine patient by not feeling enclosed. The treadmill moves with the help of an external electric motor, and has two platforms, one for the canine's gait and the other where the specialist assists in the therapy, a filling and emptying system through pipes and also has a pump that recirculates the water inside the structure.

Keywords: Stainless steel, underwater treadmill, veterinary physiotherapy, canine hydrotherapy, aquatic therapy.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
ÍNDICE DE TABLAS	13
ÍNDICE DE FIGURAS.....	14
INTRODUCCIÓN	16
Problema	16
Contexto.....	17
Objetivos	18
Objetivo General.....	18
Objetivos Específicos.....	18
Alcance	19
Justificación	19
1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	20
1.1 Taxonomía del perro.	20
1.1.1 Tipología de razas caninas.	20
1.2 Principales afecciones en la movilidad canina.....	20

1.2.1	Enfermedades que afectan al sistema óseo.	15
1.2.2	Síntomas generales.....	15
1.2.3	Tratamientos.....	15
1.3	Fisioterapia veterinaria.....	17
1.3.1	Hidroterapia.....	17
1.3.2	Indicaciones generales.....	18
1.4	Caminadora subacuática como sistema de rehabilitación.....	19
1.4.1	Comparativa de caminadoras comerciales	23
1.5	Diseño en acero inoxidable estructural.	24
1.5.1	Cálculo de la fatiga de un eje de AISI 304.....	25
1.5.2	Deflexión en acero AISI 304.....	29
1.5.3	Simulación CAD.	30
1.6	Técnica de recolección de información.....	30
1.7	Marco legal.....	31
1.7.1	Normativas de cuidado animal internacional.....	31
1.7.2	Normativas de cuidado animal en ecuador.	31
2	CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1	Selección de la metodología.....	32
2.1.1	Modelo de investigación.	32
2.2	Diseño de la investigación.....	32

2.2.1	Fase de análisis de requisitos – requerimientos.	33
2.2.2	Fase de diseño.	33
2.2.3	Fase de construcción.	34
2.2.4	Fase de verificación.....	34
2.2.5	Fase de mantenimiento.....	34
3	CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
3.1	Fase de análisis de requisitos - requerimientos.	35
3.1.1	Situación inicial.....	35
3.1.2	Propósito y ámbito del sistema.....	36
3.1.3	Descripción del sistema.....	37
3.1.4	Riesgos.	39
3.1.5	Restricciones.	39
3.2	Fase de diseño.	40
3.2.1	Requerimientos operacionales y de usuario.	40
3.2.2	Parámetros de diseño – selección.....	42
3.2.3	Parámetros de diseño – cálculos.....	45
3.2.4	Parámetros de diseño – simulaciones.....	54
3.3	Fase de construcción.	56
3.4	Fase de verificación.....	62
3.5	Fase de mantenimiento.....	65

4	CONCLUSIONES.....	67
5	RECOMENDACIONES	68
6	REFERENCIAS	69
7	ANEXOS.....	72
7.1	Anexo 1	72
7.1.1	Sección A	72
7.1.2	Sección B.....	75
7.1.3	Sección C.....	77
7.2	Anexo 2	79
7.3	Anexo 3	80
7.4	Anexo 5	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación general de razas caninas según su peso [9].</i>	14
Tabla 2. <i>Datos técnicos de caminadoras comerciales [6].</i>	24
Tabla 3. <i>Usos comunes de metales inoxidables [26].</i>	25
Tabla 4. <i>Aplicaciones para el diseño asistido por computador [27, Ch. 19].</i>	30
Tabla 5. <i>Requerimientos recopilados en las entrevistas realizadas.</i>	36
Tabla 6. <i>Condiciones de la hidroterapia veterinaria.</i>	37
Tabla 7. <i>Parámetros para el diseño.</i>	39
Tabla 8. <i>Requerimientos operacionales y de usuario.</i>	41
Tabla 9. <i>Aplicación de la familia de aceros.</i>	42
Tabla 10. <i>Material para el eje.</i>	43
Tabla 11. <i>Comparativa materiales transparentes.</i>	43
Tabla 12. <i>Comparativa material de la banda.</i>	44
Tabla 13. <i>Análisis de costos.</i>	60
Tabla 14. <i>Corrección de errores.</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Operación para tratar la displasia coxofemoral</i> [15, p. 139].	16
Figura 2. <i>Hidroterapia guiada con especialista</i> [15, p. 138].	18
Figura 3. <i>Medición de movilidad articular con goniómetro</i> [15, p. 136].	18
Figura 4. <i>Caminadora subacuática comercial</i> [15, p. 145].	20
Figura 5. <i>Diagrama de llenado y vaciado de una caminadora subacuática.</i>	22
Figura 6. <i>Factor K_t para concentrador de esfuerzos</i> [27, p. 993].	26
Figura 7. <i>Tipos de pasadores</i> [27, p. 373].	26
Figura 8. <i>Factor de superficie</i> [27, p. 274].	27
Figura 9. <i>Factor de tamaño</i> [27, p. 275].	27
Figura 10. <i>Factor de carga</i> [27, p. 277].	28
Figura 11. <i>Factor de temperatura</i> [27, p. 278].	28
Figura 12. <i>Criterio de confiabilidad</i> [27, p. 279].	28
Figura 13. <i>Prototipo 3D diseñado de la caminadora subacuática.</i>	38
Figura 14. <i>Proceso de la sesión de hidroterapia en la caminadora subacuática.</i>	38
Figura 15. <i>Componentes del sistema de movimiento de la caminadora.</i>	45
Figura 16. <i>Vista isométrica del eje motriz.</i>	46
Figura 17. <i>Barra sólida con perforaciones pasantes.</i>	46
Figura 18. <i>Configuración para estudio del tubo.</i>	48
Figura 19. <i>Configuración de las sujeciones y cargas del eje.</i>	49
Figura 20. <i>Diagrama de fuerza cortante y momento flector.</i>	49
Figura 21. <i>Simulación estática de cargas en la plancha.</i>	55
Figura 22. <i>Simulación estática de cargas en los soportes laterales.</i>	55

Figura 23. <i>Proceso de moleteado a los tubos de los ejes.</i>	56
Figura 24. <i>Soldadura y limpieza de soldadura.</i>	57
Figura 25. <i>Acople del panel de vidrio estructural a la estructura.</i>	57
Figura 26. <i>Soldadura de puntos de anclaje.</i>	58
Figura 27. <i>Instalación de gomas para evitar fugas de agua.</i>	58
Figura 28. <i>Sello mecánico del eje.</i>	59
Figura 29. <i>Mecanismo tensor.</i>	59
Figura 30. <i>Sistema para cerrar la puerta de ingreso.</i>	60
Figura 31. <i>Relación de precio entre caminadoras subacuáticas.</i>	62
Figura 32. <i>Verificación de fugas de agua y rotación de la caminadora.</i>	63
Figura 33. <i>Ensamblaje de la estructura.</i>	64
Figura 34. <i>Prueba de verificación.</i>	66

INTRODUCCIÓN

En esta sección del proyecto se describe la problemática que sustenta la investigación, el contexto previo, los objetivos a cumplir, el alcance y finalmente su justificación.

Problema

En Ecuador, se ha logrado determinar que la existencia porcentual de canes bajo el cuidado de un hogar es uno por cada 10 habitantes; pero se desconoce la cantidad exacta o estimada de estos en estado de abandono, por otro lado, en las zonas urbano-marginales se aproxima que una familia puede llegar a albergar hasta 10 canes [1]. La salud canina en el país a través de los años ha ido evolucionando trascendentalmente, debido a esto, existen clínicas veterinarias registradas que brindan tratamientos fisiátricos con hidroterapia, no obstante, su accesibilidad es limitada, son muy pocos los centros que brindan este servicio, debido al reducido espacio para disponer de una piscina o al alto costo de implementación que tienen los sistemas de hidroterapia, en el país no existe ninguna empresa que importe, manufacture o trabaje con tecnología fisiátrica canina [2].

Existen tratamientos no invasivos de rehabilitación y fisioterapia canina para disminuir el dolor en el paciente sin la necesidad de una intervención quirúrgica. Estos procedimientos resultan ser muy eficaces en el tratamiento postquirúrgico y de lesiones como la displasia, artritis, artrosis, entre muchas otras más, ralentizando el proceso degenerativo, controlando la dolencia e incrementando el tono muscular [3]. Una de las terapias con mayores beneficios fisiátricos y de rehabilitación es la hidroterapia. Este tratamiento utiliza las propiedades físicas del agua generando un efecto analgésico, aliviando los niveles de dolor y aumentando la movilidad en las articulaciones afectadas. Los tipos de hidroterapia más utilizadas son la natación en piscina y la terapia con cinta subacuática [4].

Los usos de la hidroterapia, en especial de la caminadora subacuática, reducen la cojera, incrementar la aptitud cardiovascular y en conjunto sirven en el tratamiento de afecciones osteoarticulares. La terapia de cinta de correr bajo el agua también resulta ventajosa sobre la natación en piscina, debido a que la profundidad del agua y la velocidad de la caminadora subacuática se pueden controlar, lo que permite el desarrollo de ejercicios guiados y específicos [6].

El desarrollo de un sistema de hidroterapia canina eficiente y eficaz permitirá a médicos veterinarios implementar terapias de rehabilitación, contribuyendo en el mejoramiento de la calidad de vida de los canes. Así también, este tipo de terapias son recomendadas en situaciones postoperatorias, displasia de extremidades, rupturas de ligamientos, luxaciones de rótula, entre otras; pudiendo asimismo ser utilizadas en el control de peso y/u obesidad [5].

Contexto

Se hace énfasis en la fisioterapia canina, puesto que, en los seres humanos alivia el dolor, no obstante, en los animales es una cuestión de vida o muerte, de esta disciplina dependen mascotas desahuciadas por médicos veterinarios tradicionales, que ven la eutanasia del animal como única solución para remediar patologías traumatológicas crónicas [2].

La hidroterapia es un recurso que se utiliza como medio terapéutico en los animales. Se esbozan algunas consideraciones sobre el plan de tratamiento para perros y se exponen las diversas modalidades existentes, así como algunos de los ejercicios terapéuticos que se realizan y los equipos utilizados [5].

La hidroterapia brinda una solución no invasiva en el tratamiento de enfermedades motrices caninas dando una alternativa, tanto al animal como al dueño, de un procedimiento

fisiátrico. Además, permite registrar el progreso del paciente para la implementación de nuevas técnicas de rehabilitación, evitando realizar la eutanasia al can [6].

En la rehabilitación canina se introducen rutinas de ejercicio controladas, en una caminadora eléctrica. Sin embargo, esto puede aumentar los niveles de dolor o ansiedad del can dependiendo el tipo de patología que sufra; en consecuencia, proponer una caminadora subacuática que regule el nivel de agua, reducirá gradualmente la carga en las articulaciones, disminuyendo el dolor y por consiguiente el estrés del can [7] . La principal ventaja de una cinta de correr subacuática es evitar una carga articular excesiva, lo que resulta beneficioso tanto para tratar obesidad en canes, como para el tratamiento fisiátrico en enfermedades ortopédicas [8].

Objetivos

Objetivo General

Construir una caminadora subacuática para hidroterapia en canes de razas grandes.

Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos mecánicos, materiales de construcción y dimensiones estimadas de la caminadora subacuática.
- Implementar la caminadora subacuática.
- Validar el funcionamiento de la caminadora subacuática.

Alcance

En el desarrollo de este proyecto se propone el diseño de una caminadora subacuática, este trabajo se centrará en el diseño mecánico, estructural y montaje final, siendo el primer prototipo para futuras implementaciones de trabajos de grado, comprendiendo:

- Cinta caminadora subacuática trabajando con y sin carga de agua.
- Estructura que contenga el agua para el proceso de hidroterapia.
- Sistema de transmisión de potencia y movimiento para rotar la cinta caminadora.
- Ingresos y salidas de agua.

Las dimensiones estimadas para la estructura están basadas en la tipología de canes de raza grande, respectivamente [9].

Justificación

Para la inserción a una nueva línea de investigación en la biomecatrónica relacionada directamente con sistemas de rehabilitación, para generar futuros desarrollos en esta área de la ingeniería, junto al desarrollo de sistemas de entrenamiento y recuperación canina, controlados y supervisados. Brindando alternativas de terapia y/o ejercitación.

En el aspecto económico se reducen los costos de construcción al usar materiales disponibles en nuestro medio local, eliminando así los pagos por rubros de aranceles de importación de sistemas fisiátricos caninos del exterior, y considerando que la asistencia técnica puede ser solventada dentro del país.

1 CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se referencia la teoría que se usará a lo largo de todo el proyecto, que será clave para comprender su desarrollo.

1.1 Taxonomía del perro.

El surgimiento del perro se supone que fue aproximadamente entre 20,000 y 30,000 años atrás, como medio de evolución del lobo. El “can” o perro doméstico que sostiene el nombre científico de, *Canis lupus familiaris*, es un animal mamífero carnívoro de la familia de los cánidos [10].

1.1.1 Tipología de razas caninas.

Los canes actuales tienen un antepasado en común; hoy en día se conocen alrededor de 800 razas, con distintas morfologías, que surgieron como proceso de la evolución [11]. En la Tabla 1 se detalla la clasificación general de las razas caninas según su peso.

Tabla 1.

Clasificación general de razas caninas según su peso [9].

Grupo	Rango de peso
Raza de perros pequeños	Entre 3 y 10 kg
Raza de perros medianos	Desde 10 hasta 25 kg
Raza de perros grandes	Desde 25 a 50 kg
Raza de perros gigantes	Más de 50 kg

1.2 Principales afecciones en la movilidad canina.

La discapacidad física en canes, generalmente se da por una serie de afecciones que interrumpen o dificultan la movilidad canina, las principales son: cargas excesivas de peso

(sobrepeso), enfermedades que afectan significativamente al sistema esquelético y accidentes, por ejemplo: luxaciones, distorsión de articulaciones y fracturas [12].

1.2.1 Enfermedades que afectan al sistema óseo.

Las enfermedades que afectan al sistema óseo tienden a ser patologías degenerativas, distrofias óseas y osteoarticulares que repercuten en la movilidad y motricidad canina [13]. Estas son: osteoartritis, artritis, estenosis degenerativa, osteosarcoma, hernia discal, disco espondilitis, osteocondrosis y displasia [13].

Además, es preciso mencionar que, otras afecciones no comunes en los canes derivan en traumatismos crónicos, bilateralmente otra incidencia es la longevidad del animal, estas dos situaciones desencadenan en inconvenientes directos para la movilidad y motricidad del can.

1.2.2 Síntomas generales.

Se enlistan los síntomas generales de las afecciones en la movilidad canina: dolor al caminar, dificultad para levantarse, cambios en el comportamiento, cojera, debilidad en la zona delantera o posterior, alteraciones en el sistema nervioso, atrofia muscular, problemas para realizar sus necesidades [13].

Todos los síntomas mencionados causan malas condiciones de vida para los canes, provocando principalmente irritabilidad, estrés y dolor, esto conlleva a que en ocasiones críticas se deba aplicar la eutanasia como única opción [13].

1.2.3 Tratamientos.

Un tratamiento es un procedimiento que se ejerce en torno a una situación específica; en la terminología veterinaria, se menciona que un tratamiento es el proceso de diagnosticar y ejecutar una medida de acción o de control sobre el problema. “*La fisioterapia, el ejercicio moderado, control de peso, la natación, son sin duda ayudas importantes*” [14], el objetivo

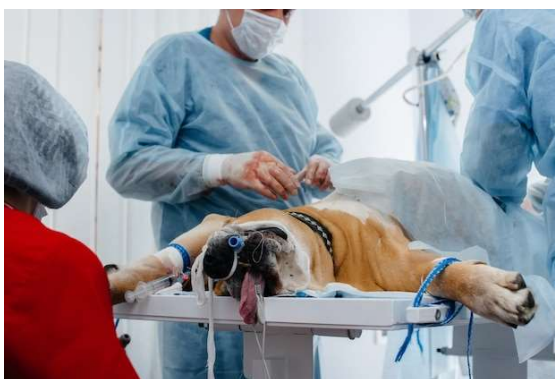
principal de un tratamiento veterinario es controlar la progresión del problema, ya sea aliviando el dolor o aumentando la motricidad y movilidad del animal [8].

Tratamiento quirúrgico. Se define al tratamiento quirúrgico como el proceso que requiere el uso de cirugía para aliviar, disminuir o curar una lesión.

Luego de haber realizado un diagnóstico, el médico veterinario indica si el grado de afección del paciente requiere un tratamiento quirúrgico o no, mediante un cirujano veterinario. Las urgencias traumatológicas son las consecuencias más comunes del uso de este tratamiento, principalmente, se dan por atropellamientos o caídas, en menor porcentaje se dan por heridas de armas de fuego o cortopunzantes y finalmente las lesiones ocasionadas por mordeduras de otros canes [14], en la Figura 1 se aprecia un procedimiento quirúrgico para tratar la displasia coxofemoral.

Figura 1.

Operación para tratar la displasia coxofemoral [15, p. 139].



Tratamiento conservador. Proceso “no operatorio” que se realiza dentro de la medicina [16].

Uso De Fármacos. Consiste en la medicación controlada por parte de los especialistas luego de un diagnóstico. Este tratamiento también provee un mejor control contra el dolor. Sin embargo, puede causar un efecto placebo a consecuencia de un mal diagnóstico [15].

1.3 Fisioterapia veterinaria.

En la medicina veterinaria, la fisioterapia es un conjunto de técnicas y tratamientos que brindan alternativas terapéuticas en la prevención de patologías físicas, reduciendo el uso de fármacos y evitando tratamientos quirúrgicos, para mejorar la calidad de vida del animal [7].

1.3.1 Hidroterapia.

Esta terapia consiste en el aprovechamiento de las propiedades físicas del agua, se presentan las más relevantes. “*La flotabilidad, la presión hidrostática, la viscosidad, la resistencia, la densidad relativa y la tensión superficial*” [17], son componentes claves para considerar un programa de rehabilitación acuática, de manera proporcional el nivel del agua influye en el aumento de la flotabilidad del sujeto que esté dentro de ella, pero esto incrementa la resistencia del movimiento del mismo, considerando al can como el sujeto que está dentro del agua, bajo la premisa anterior, el esfuerzo que este debe generar para moverse será alto, provocando fatiga y aumento del dolor. Por otro lado, la tensión superficial y la densidad relativa que posee el agua en el momento del movimiento promueven un impulso del sistema neuromotor, esto hace que aumente la dinámica del can, mejorando su estabilidad y postura corporal, desarrollando un crecimiento muscular. Hay que considerar que en pacientes con lesiones graves estos factores serían perjudiciales [15, Ch. 11].

La hidroterapia tiene como objetivos: corrección de la postura, restaurar un tejido lesionado, aliviar el dolor, incrementar el tono muscular, aumentar la resistencia física y la función muscular, mediante la realización de ejercicios guiados por un especialista [15, Sec. 4].

Ver Figura 2.

Figura 2.

Hidroterapia guiada con especialista [15, p. 138].

**1.3.2 Indicaciones generales.**

Antes del tratamiento se recomienda calentar las articulaciones del paciente, con una serie de masajes estimulantes, y de ser posible realizar ejercicios de movilidad y marcha [7].

La intensidad del ejercicio debe ser controlada a través de la cinta subacuática, la temperatura debe mantenerse en un margen de 25 a 35 °C y, por último, el nivel del agua debe también ser supervisado durante la sesión, a excepción del caso de la natación en piscina [8].

Para valorar si el paciente está progresando, se recomienda el uso de videos para analizar la marcha, uso de equipo para determinar la escala de cojera [5], en la Figura 3 se observa el uso de un goniómetro para determinar la escala de cojera y valorar la movilidad en las extremidades del can.

Figura 3.

Medición de movilidad articular con goniómetro [15, p. 136].



Caminadora subacuática. La terapia con una caminadora subacuática está ganando popularidad hoy en día, es una herramienta de rehabilitación que hace varios años atrás era sugerida como medio de entrenamiento para mejorar el rendimiento de atletas, consiste en una cinta de caminar de las que poseen todos los gimnasios en el mundo, pero con el detalle de encontrarse sumergida bajo el agua en una estructura impermeable [18].

El movimiento de animales cuadrúpedos sumergidos bajo el agua no se ha analizado con detalle, hay muy poca información referente. Experimentalmente se ha evidenciado una mejoría en la locomoción mediante el uso de caminadoras subacuáticas, reduciendo el impacto, carga de peso en las extremidades y articulaciones durante las sesiones de ejercicio [18].

Además, *“se tratan afecciones graves como: artritis, displasia, fracturas, recuperaciones postoperatorias, patologías neurológicas, tendinitis, distensiones y esguinces”* [18].

1.4 Caminadora subacuática como sistema de rehabilitación.

Un sistema se define como *“Un ensamblaje de componentes que ejecutan acciones interrelacionadas”* [6].

Cinta de correr subacuática. La cinta de correr subacuática constituye la integración de algunos subsistemas que se acoplan para permitir que la hidroterapia sea factible y favorable. Consta principalmente, de una estructura construida con materiales adecuados para contener el agua sin generar daños o deterioros al mismo, una cinta de correr acuática eléctrica, y un sistema de control. Existen modelos comerciales de caminadoras subacuáticas como el de la Figura 4.

Figura 4.

Caminadora subacuática comercial [15, p. 145].



Se detallan los tres subsistemas básicos que se encuentran en las caminadoras subacuáticas comerciales.

Movimiento de la cinta. Este subsistema consta de una caminadora eléctrica de uso común en gimnasios o centros fisiátricos, que modifica la velocidad de movimiento sin necesidad de parar su marcha [19].

Sus componentes generalmente son: estructura que soporte todos los mecanismos, rodillos tanto motriz como tensor, plancha de soporte de zancada, banda o tapiz de goma sintética, motor eléctrico, y acoples de transmisión de potencia (poleas, piñones o cajas reductoras) [19].

Torque y potencia.

En el diseño de elementos de máquinas se determina el par de torsión o torque y la potencia regenerativa a la que un eje se encuentra sometido [20, p. 142]. Para ello es importante calcular la velocidad de rotación con la Ecuación 1.

$$w = \frac{v}{r}$$

Ecuación 1

Donde w es la velocidad angular, v velocidad lineal y r es el radio del eje.

La inercia de carga en un ensamblaje rotativo con accionamiento de motor se obtiene a través de la Ecuación 2.

$$I_c = mt * \left(\frac{d}{2}\right)^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde I_c es la inercia de la cinta, mt el valor de la masa que interactúa sobre el eje y d el diámetro del eje.

El par de torsión es la relación del trabajo ejercido por una fuerza tangencial a una circunferencia [20, Sec. 1.14], y se lo obtiene con la Ecuación 3.

$$T = \frac{F * D}{2 * \eta} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde T es el torque de carga, F el valor de fuerzas trasversales sobre el eje, D el diámetro del eje y η la eficiencia deseada.

La potencia regenerativa de un motor está dada por la Ecuación 4.

$$Pot = T * w \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde Pot es la potencia regenerativa del motor, T es el torque de carga y w es la velocidad angular determinada previamente.

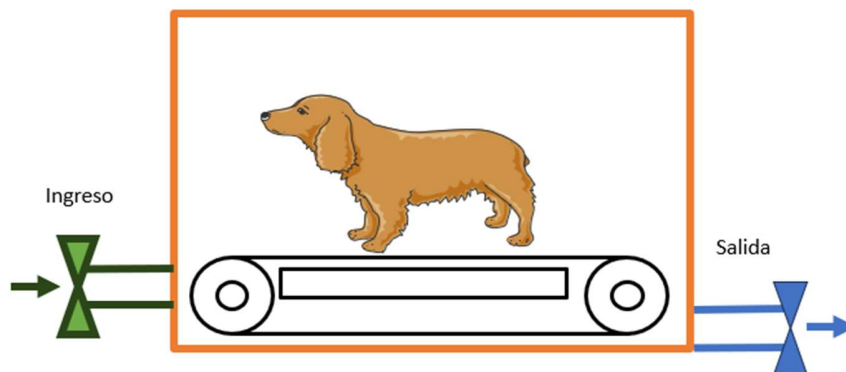
Ingreso y salida de agua. Este subsistema permite el ingreso y salida de agua a través de una serie de conductos o tuberías, con válvulas de paso que pueden ser controladas de forma manual o a través de un sistema de control electrónico.

El diseño de tanques de almacenamiento de agua aplica principios de ingeniería, para estimar tiempos de llenado y descarga del líquido [21, Sec. 1].

En la Figura 5 se aprecia el diagrama de llenado y vaciado de un tanque con válvulas de control (color verde y azul).

Figura 5.

Diagrama de llenado y vaciado de una caminadora subacuática.



El volumen de agua que ocupa un tanque se obtiene mediante la Ecuación 5.

$$V = b * h * l \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde V es el volumen del tanque, b es la base, h el nivel máximo del líquido y l la longitud de la estructura.

Presión hidrostática.

La presión hidrostática es la presión que ejerce fluido sobre un elemento que se encuentra sumergido dentro del mismo [21, Sec. 1]. Su valor se obtiene a partir de la Ecuación 6

$$Ph = p * g * h \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde Ph es la presión hidrostática, p es la densidad volumétrica del fluido, g el valor de la gravedad y h el nivel máximo del líquido.

Presión de un fluido.

La ecuación de continuidad establece que la velocidad de un fluido es la relación directamente proporcional entre el caudal y el área de la sección transversal [22] y se representa en la Ecuación 7.

$$V_f = \frac{Q}{At} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde V_f es la velocidad del fluido, Q es la cantidad de caudal y A_t el área de la sección transversal por donde pasa el fluido.

El teorema de Bernoulli establece la variación de la energía que posee un fluido cuando pasa por un conducto, y cuando el diámetro del conducto no varía esta permanece constante [22], se determina con la Ecuación 8.

$$|P_f + 0,5 * \rho * V_f^2 + \rho * g * h| = K \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde P_f es la presión del fluido a través de una sección tubular, ρ es la densidad del fluido, V_f es la velocidad del fluido, g es el valor de la gravedad, h la altura de bombeo del fluido y K una constante de pérdidas.

Temperatura controlada. Este subsistema, al igual que los mencionados anteriormente, es imprescindible en la hidroterapia, debido a que, se requiere un rango de temperatura determinado.

La temperatura del agua es una variable modificable, el agua caliente brinda un aumento en las frecuencias tanto cardíaca como respiratoria, una mejor circulación sanguínea, disminuye la presión arterial, relaja las articulaciones y músculos [23]; no obstante, el agua fría se ha evidenciado que baja el metabolismo celular y disminuye el dolor [23].

1.4.1 Comparativa de caminadoras comerciales

En la Tabla 2 se comparan tres caminadoras subacuáticas. Hay que mencionar que el precio no incluye envío, pero sí asistencia de instalación.

Tabla 2.

Datos técnicos de caminadoras comerciales [6].

Marca/Modelo	Potencia (hp)	Rango de velocidad (m/s)	Dimensiones Largo * ancho (m)	Precio comercial
AquaPaws	3	0,13–4,02	2,5 * 1,2	\$13.000,00
Oasis System	3	0,18–2,24	2,2 * 1,5	\$11.600,00
HP. 200	2	0–2,24	1,9 * 0,8	\$12.325,00

1.5 Diseño en acero inoxidable estructural.

Para la aplicación de acero inoxidable en esta estructura, se consideran los lineamientos y procesos sugeridos en el manual de diseño en acero inoxidable, brindando las pautas necesarias para la selección, cálculos y estimación de esfuerzos en estos materiales. “*Es una guía detallada para la obtención de mejores resultados en estructuras manufacturadas con acero inoxidable*” [24, Ch. 4], facilitando el desarrollo en el cálculo y selección de las dimensiones en la aplicación requerida, junto con la ayuda del diseño asistido por computador (CAD).

Aceros inoxidables. La principal característica de estos metales es su propiedad de resistencia a la corrosión, es decir, que trabajan en condiciones de humedad sin presentar un proceso de oxidación o deterioro [25]. En la Tabla 3 se detallan cuáles son los usos comunes de los metales inoxidables.

Tabla 3.

Usos comunes de metales inoxidable [25].

Tipos	Usos
Ejes inoxidables	Debido a su facilidad de limpieza y baja corrosión es muy usado en la industria médica.
Planchas inoxidables	Se usa para producir varias piezas en la industria automotriz, por su resistencia mecánica.
Perfilería inoxidables	Debido a su flexibilidad y resistencia, usado en la construcción, puntualmente en revestimientos.
Sujeciones inoxidables	En la industria alimenticia se usa por su ductilidad.

Especificaciones del material.

Material AISI 304

$S_y = 220 \text{ MPa}$ (Resistencia a la fluencia)

$S_{ut} = 505 \text{ MPa}$ (Esfuerzo último a la tensión)

$E = 193 \text{ GPa}$ (Módulo de elasticidad)

1.5.1 Cálculo de la fatiga de un eje de AISI 304

Cuando los componentes estructurales están sometidos a cargas repetitivas y variables, es necesario determinar si el elemento presentará ruptura o fractura después de un tiempo determinado. Para ello se calcula el esfuerzo cortante producido por el momento máximo que producen las cargas que se especifiquen en los criterios de estudio respectivos, mediante la Ecuación 9.

$$\sigma = \frac{32M}{\pi * D^3}$$

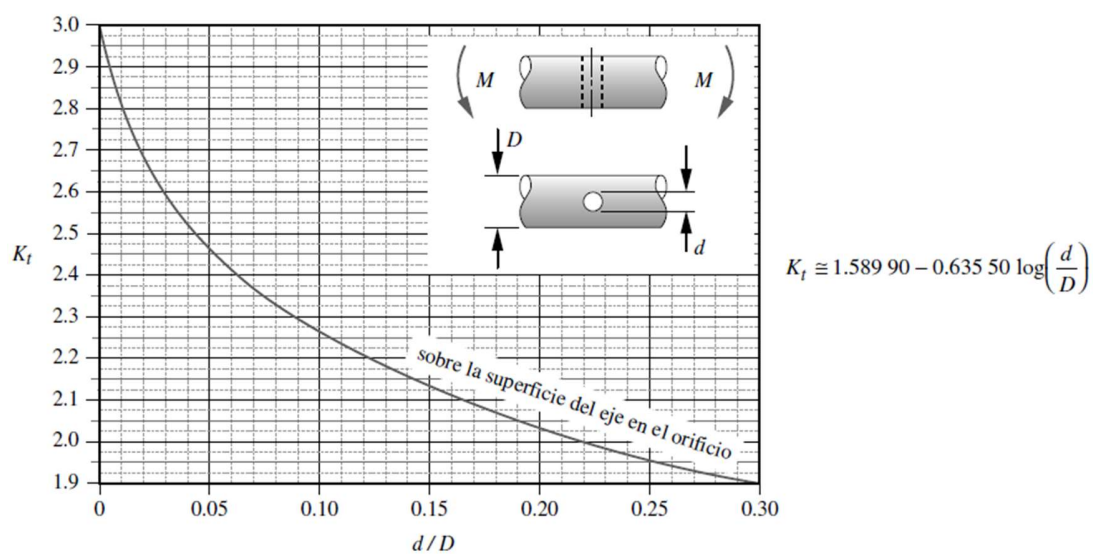
Ecuación 9

Donde σ es el esfuerzo, M es el momento máximo del eje y D es el diámetro del eje.

La Figura 6 representa la curva de incremento del esfuerzo, en relación con el diámetro de la perforación y el diámetro de una barra [26, p. 993], para concentradores de esfuerzo.

Figura 6.

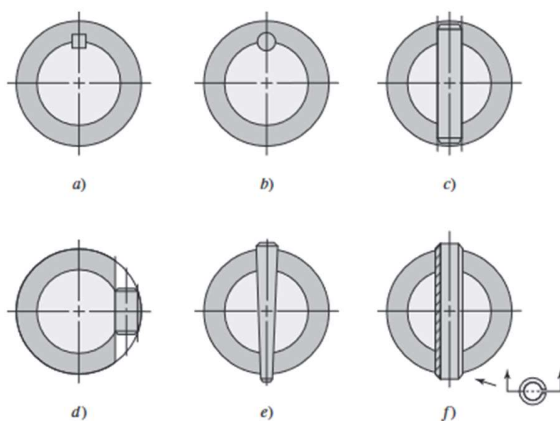
Factor K_t para concentrador de esfuerzos [26, p. 993].



Existen diferentes tipos de pasadores para transmitir cargas y momentos, ver Figura 7.

Figura 7.

Tipos de pasadores [26, p. 373].



Factor de seguridad

El factor de seguridad mínimo recomendado en [24], se encuentra en el rango de 1,5 a 2 para el diseño de ejes de transmisión con carga variable.

La Ecuación 10 determina que la resistencia a la fluencia del material entre el factor de seguridad debe ser mayor o al menos igual que el esfuerzo máximo calculado, para satisfacer los criterios de estudio del eje.

$$\frac{S_y}{n} \geq \sigma \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde S_y es la resistencia a la fluencia del material a analizar, n es el factor de seguridad y σ es el esfuerzo cortante máximo calculado previamente.

Para el estudio a la fatiga es necesario conocer los factores de corrección, “Shigley, Mischke y Brown estimaron un método analítico para estimar la falla por fatiga de piezas rotativas, considerando parámetros externos a la sección transversal y las propiedades del material” [26, Sec. 6.8], estos factores son obtenidos a partir de fórmulas y estimaciones que se muestran en las Figura 8.

Factor de superficie [26, p. 274].

Figura 8.

Factor de superficie [26, p. 274].

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

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} kpsi	S_{ut} MPa	
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 9.

Factor de tamaño [26, p. 275].

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

Figura 10.

Factor de carga [26, p. 277].

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Figura 11.

Factor de temperatura [26, p. 278].

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Figura 12.

Criterio de confiabilidad [26, p. 279].

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Soderberg estipula que “*el factor de seguridad mínimo para que un eje no falle por fatiga debe ser mayor a 1*” [26, Ch. 6]. Se considera este criterio para analizar el coeficiente de seguridad, a través de la Ecuación 11.

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde σ_a es el esfuerzo alternante o esfuerzo cortante máximo calculado previamente, S_e la resistencia a la fatiga del eje, σ_m el esfuerzo medio, S_y la resistencia a la fluencia del material y n el coeficiente de seguridad para la fatiga.

1.5.2 Deflexión en acero AISI 304

La deflexión o también conocida como pandeo, es la consecuencia de la deformación de elementos bajo la acción de cargas transversales [26, Ch. 5], la Ecuación 12 describe el cálculo de la inercia de área de un elemento cilíndrico.

$$I = \frac{1}{4} * \pi * r^4 \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde I es la inercia de área del eje y r es el radio.

Este fenómeno implica un desplazamiento transversal que se puede determinar con la Ecuación 13.

$$y_{max} = -\frac{5 * w * l^4}{348 * E * I} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde y_{max} es la deflexión máxima sobre el eje transversal, w son las cargas distribuidas que actúan sobre el eje, l la longitud del elemento, E el módulo de elasticidad del material e I el valor de la inercia de área definido previamente.

Para valorar si la deformación que ocurre en la sección es admisible o no se utiliza la Ecuación 14.

$$y_{perm} = \frac{l}{360} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde y_{perm} es la deflexión admisible y l la longitud del elemento a evaluar.

1.5.3 Simulación CAD.

Por sus siglas en inglés (*Computer Aided Design*), es el uso de software especializado para diseñar estructuras y geometrías, analizando mediante la simulación por medio del método de elementos finitos (MEF). La Tabla 4 representa las 3 opciones más frecuentes de análisis que tiene el CAD [26, Sec. 4].

Tabla 4.

Aplicaciones para el diseño asistido por computador [26, Ch. 19].

Tipo	Características
Análisis estructural	Cálculo y determinación de efectos de las cargas y fuerzas en una estructura. Apoyo en el diseño, para pruebas pre-construcción.
Simulación estática	Representación artificial de un fenómeno en el cual el tiempo no es importante.
Simulación dinámica	Representación variable de condiciones que interactúan en tiempos predeterminados.

Factor de seguridad por simulación.- Este estudio consiste en establecer parámetros de carga estática en las geometrías a analizar.

1.6 Técnica de recolección de información

Entrevista. La entrevista es un proceso de interacciones entre personas, en ella, existen una serie de interrogantes por parte de el/los entrevistador/es hacia el/los entrevistado/s sobre un tema determinado [27, Sec. 1].

1.7 Marco legal.

En esta sección se presenta información legal que fundamenta el objetivo de la investigación y desarrollo del proyecto.

1.7.1 Normativas de cuidado animal internacional.

“La Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) es la organización encargada de normar la sanidad animal y zoonosis”, este organismo es importante porque da a conocer y facilita las medidas acerca de los servicios veterinarios ejercidos a nivel internacional, en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) y la Organización de las Naciones Unidas (ONU), proclamaron la “Declaración Universal de los Derechos del Animal”, considerando que todo animal posee derechos, y es así como se toman en cuenta para investigación los artículos: 2, 3 y 6 [28].

1.7.2 Normativas de cuidado animal en Ecuador.

El cuidado físico, psicológico y mental de un canino depende en su totalidad de la o las personas que sean responsables de este, por lo que, en el país existe un reglamento vigente desde el 2009 que detalla aspectos referentes a la tenencia y cuidado canino.

El **Artículo. 32** del reglamento de tenencia de mascotas (2009), define al bienestar animal como: “Un estado de salud física y mental permanente del perro en armonía, este concepto se basa en el respeto de las 5 libertades, libre de miedo y angustia, libre de dolor, daño y enfermedad, libre de hambre y de sed, libre de incomodidad, libre para expresar su comportamiento normal” [29].

2 CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

El presente capítulo selecciona la metodología para sistematizar las pautas a seguir en el desarrollo del proyecto.

2.1 Selección de la metodología.

Este proyecto se ejecuta bajo los lineamientos y estipulaciones del enfoque o proceso cualitativo ya que facilita el desarrollo de interrogantes e hipótesis en cada una de las fases de la recolección de datos, para conocer cuáles son las consideraciones más relevantes dentro del proceso de ejecución, previamente se detallan los resultados definidos para cada fase, por lo cual, esta metodología es una herramienta que tiene la tendencia a no seguir una secuencia lineal sino más bien, adapta cada fase con relación en el estudio del problema [30, pp. 390–400].

2.1.1 *Modelo de investigación.*

Este trabajo de titulación se basa también, en la investigación aplicada, que sistematiza las pautas pertinentes para su desarrollo y organiza las estrategias dentro del ámbito ingenieril, de acuerdo con el objetivo principal [30, p. 395].

2.2 Diseño de la investigación.

Se describen cada una de las fases planteadas en el desarrollo de la caminadora para hidroterapia en canes de razas grandes, constan de varios pasos interrelacionados entre sí. Sin embargo, estos no tienen un estricto orden de ejecución, cada fase está planteada para satisfacer cada uno de los objetivos específicos planteados.

Objetivo I : Determinar los requerimientos mecánicos, materiales de construcción y dimensiones estimadas de la caminadora subacuática.

2.2.1 Fase de análisis de requisitos – requerimientos.

En esta fase se implementa una planificación, análisis y especificaciones de los requisitos para proponer una solución.

Actividad 1. Búsqueda teórica sobre las afecciones de movilidad que son tratadas con la hidroterapia.

Actividad 2. Investigación acerca de las características de la hidroterapia y sistemas comerciales existentes.

Actividad 3. Evaluación de los requerimientos y recomendaciones de especialistas en hidroterapia canina, mediante una entrevista.

Objetivo II : Implementar la caminadora subacuática.

2.2.2 Fase de diseño.

Esta fase está enfocada a cumplir con todas las especificaciones y requerimientos planteados, para satisfacerlos mediante la selección de materiales y establecimiento de las consideraciones de diseño del sistema.

Actividad 1. Recopilación de las especificaciones estructurales y funcionales necesarias, en base a las dimensiones que serán obtenidas a partir a la tipología canina para canes de razas grandes.

Actividad 2. Planteamiento de alternativas a los distintos materiales que pueden ser usados en el diseño y manufactura de la estructura.

Actividad 3. Estudio de los mecanismos a usar en la caminadora subacuática.

Actividad 4. Modelado 3D de cada uno de los elementos que conforman la estructura.

Actividad 5. Cálculo de elementos estructurales y verificación del material seleccionado.

Actividad 6. Análisis estático a través de software basado en el Método de Elementos Finitos (MEF).

Actividad 7. Ensamblaje 3D de la estructura.

2.2.3 Fase de construcción.

En esta fase se programan actividades para la construcción de la estructura, también es factible realizar pruebas en cada uno de los componentes individuales.

Actividad 1. Cotización de los diferentes elementos requeridos en la estructura y de los precios de manufactura de estos.

Actividad 2. Adquisición de los materiales para la manufactura del sistema.

Actividad 3. Construcción de la estructura.

Objetivo III : Validar el funcionamiento de la caminadora subacuática.

2.2.4 Fase de verificación.

En esta fase se integran todos los subsistemas, también se realizan verificaciones de todo el sistema.

Actividad 1. Verificación del movimiento de la cinta caminadora, llenado y descarga de agua.

Actividad 2. Pruebas de funcionamiento.

2.2.5 Fase de mantenimiento.

En esta última fase se entrega el sistema verificando que se haya cumplido con los requerimientos y en caso de ser necesario se realizan correcciones y mejoras del sistema general, alcanzando los objetivos definidos para el correcto funcionamiento mecánico de la estructura.

Actividad 1. Verificación de errores y corrección de estos.

Actividad 2. Elaboración de manuales tanto de funcionamiento como de mantenimiento del sistema.

3 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Fase de análisis de requisitos - requerimientos.

Esta fase define los requerimientos del sistema, estos a su vez son obtenidos a través de especialistas en hidroterapia veterinaria, mediante una entrevista. De modo que, en esta primera fase se recopila y analiza la información.

3.1.1 Situación inicial.

Dentro de esta sección se recolecta la información para determinar los requerimientos específicos del proyecto, esta información es recopilada a través de una herramienta, que permite sintetizar los datos más relevantes, denominada (*Entrevista*).

En el *Anexo 1*, en la **sección A** se presenta el modelo de la entrevista aplicada, en la **sección B** se presenta un resumen de las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas y en la **sección C** las respectivas autorizaciones de consentimiento de uso de información.

Resultados de la entrevista. En la Tabla 5 se plasman los requerimientos estructurales sugeridos por los especialistas.

Tabla 5.

Requerimientos recopilados en las entrevistas realizadas.

Requerimientos de usuario	Requerimientos técnicos	Prioridad		
		Baja	Media	Alta
Control de velocidad de la cinta	Uso de un reductor y un regulador de velocidad para el motor.			X
Recirculación de agua para mayor resistencia del agua	Bomba para generar un chorro incrementando la resistencia del agua en caso de ser necesario, incluye bomba depuradora con filtro.		X	
Temperatura del agua controlada exteriormente	Tanque exterior con conexiones de ingreso.			X
Rapidez en la entrada y salida de agua	Entrada y salida de agua rápida, diámetro de entrada y salida de gran tamaño.			X
Visualización del paciente	Paneles laterales de material transparentes.			X
Resistencia de los materiales de construcción	Selección de materiales inoxidables y anticorrosivos.			X
Fácil ingreso del paciente	Puerta posterior, con buen aislante.			X
Soportes de anclaje	Soportes para anclar un chaleco flotador		X	

3.1.2 Propósito y ámbito del sistema.

El propósito del proyecto consiste en implementar en el mercado nacional, un sistema de hidroterapia para canes, mediante el diseño de una caminadora subacuática canina, incrementando el desarrollo de métodos fisiátricos eficientes en el país.

El desarrollo de la hidroterapia en hospitales y clínicas veterinarias es una opción para mejorar la calidad de vida en pacientes que requieren tratamientos fisiátricos.

Para analizar las condiciones de partida se detalla en la Tabla 6, las condiciones iniciales de la hidroterapia veterinaria, según las entrevistas realizadas.

Tabla 6.

Condiciones de la hidroterapia veterinaria.

Aspectos	Actualmente
Rehabilitación postoperatoria	Cuidados paliativos con farmacología
Rehabilitación motriz y motora	Adaptación de equipos fisiátricos humanos a caninos
Respuesta ante sesiones de hidroterapia en piscina	Respuesta favorable, limitación por parte del control de temperatura y nivel del agua
Respuesta ante sesiones de terapia de movilidad en caminadora (adaptada)	Respuesta favorable, limitaciones de las adaptaciones que se deben realizar
Tiempo de sesión de hidroterapia	Entre 10 a 30 minutos, previa valoración del especialista
Tiempo del tratamiento de hidroterapia	De 1 a 10 sesiones, previa valoración del especialista
Ergonomía del especialista	Estructuras con soportes para evitar malas posturas corporales

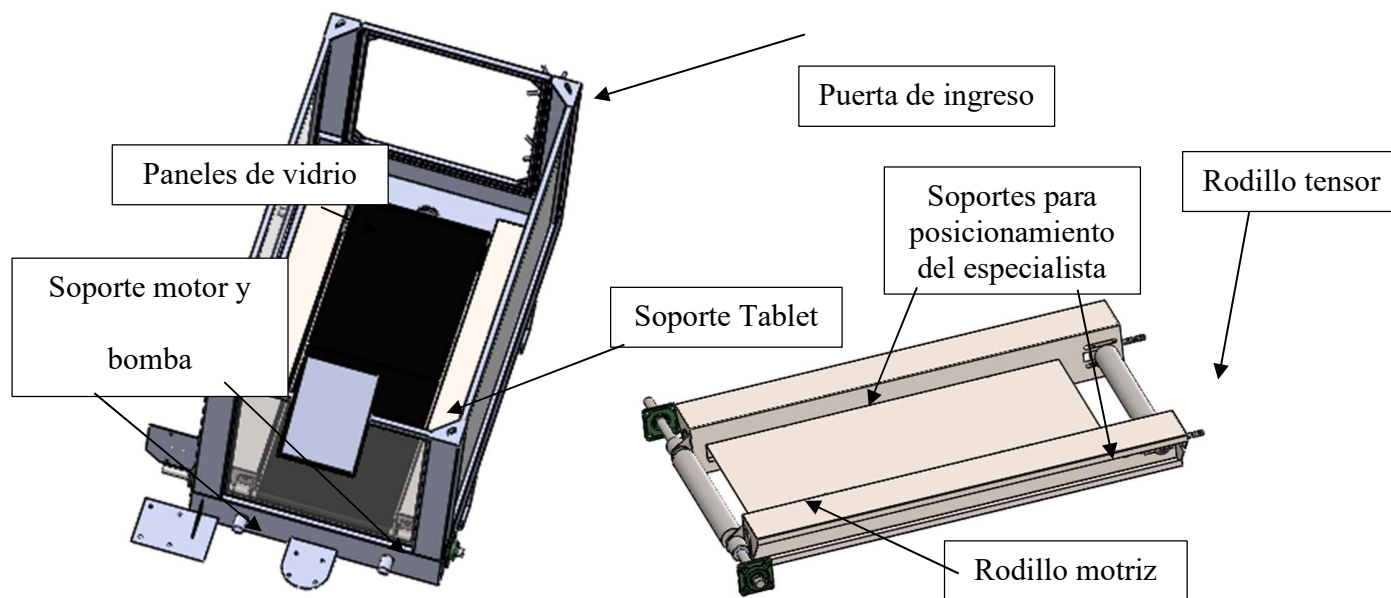
3.1.3 Descripción del sistema.

El sistema de hidroterapia propuesto utiliza las propiedades del agua para disminuir la carga articular, y aumentar la flotabilidad del paciente, consta de una estructura construida con materiales inoxidables y anticorrosivos que mantendrán el agua durante cada una de las sesiones de terapia, en conjunto con una cinta caminadora con motor eléctrico donde se posicionará el paciente. Dependiendo de la valoración del especialista, se agregará el nivel de agua

correspondiente por lo que se usan válvulas tanto de llenado como vaciado del tanque, en la Figura 13 se visualiza el diseño del prototipo de la caminadora subacuática.

Figura 13.

Prototipo 3D diseñado de la caminadora subacuática.



A) Ensamble caminadora

B) Estructura interna de soporte para la terapia

En la Figura 14 se presenta un diagrama del proceso de hidroterapia que se ejecuta en la caminadora subacuática.

Figura 14.

Proceso de la sesión de hidroterapia en la caminadora subacuática.



En la Tabla 7 se redactan los cuatro parámetros fundamentales determinados previo al diseño.

Tabla 7

Parámetros para el diseño.

Parámetros ->	Temperatura	Nivel	Velocidad	Dimensiones
Consideraciones ->	Mantener una temperatura entre 25 °C y 35 °C.	Nivel de agua máximo 0,50 m	0,9 – 2 m/s en perros medianos y grandes.	Longitud 1,50 m Altura 0,80 m Ancho 0,80 m

3.1.4 Riesgos.

Son los potenciales factores de riesgo que se presentan cuando el sistema está en funcionamiento, a continuación, se los detalla.

Riesgo de atrapamiento. La caminadora eléctrica al estar en rotación, es un riesgo inminente para atrapar o remorder objetos.

Riesgo de electrocución. Tanto para controlar el motor de la caminadora, el llenado, vaciado del tanque y la temperatura del agua, se implementará posteriormente un sistema eléctrico y de control; esto genera un riesgo eléctrico.

Riesgo de caídas. Dependiendo del nivel del agua y los movimientos del paciente dentro de la estructura, existe una dispersión de agua del tanque hacia el exterior, alrededor del sistema se crea una zona de posible riesgo de caídas y resbalones, que puede ocasionar lesiones a los especialistas.

3.1.5 Restricciones.

De la misma manera, como hay riesgos al usar este sistema también habrá restricciones que indiquen cuales serían las limitaciones en el montaje, ejecución o el uso de este sistema.

Estructuralmente se debe considerar aspectos importantes a la hora de realizar el diseño, a su vez, delimitar las especificaciones que tendrá la estructura. A continuación, se detallan:

- El sistema no está diseñado para implementar terapias en personas.
- El personal que use el sistema debe estar capacitado previamente (leyendo el manual de uso y mantenimiento, *Anexo 2*).
- La caminadora eléctrica funcionará en rangos de tiempo máximos de 30 min y con cargas máximas en el paciente y fisioterapeuta de 50 kg y 100 kg respectivamente.
- La caminadora estará situada en una superficie plana.
- El nivel máximo de agua alcanzará 0,5 m.
- El llenado del tanque deberá siempre ser cuando la compuerta de ingreso esté cerrada.
- La bomba únicamente se encenderá en el caso de estar el agua a máximo nivel.

3.2 Fase de diseño.

En la segunda fase de esta metodología se implementan todos los requerimientos establecidos y definidos anteriormente en la Tabla 5, a través de la conceptualización del diseño que recopile soluciones eficientes y eficaces a las necesidades planteadas en la Fase 1.

3.2.1 Requerimientos operacionales y de usuario.

Para sintetizar esta sección, se recopilan los requerimientos, restricciones y parámetros mencionados anteriormente. En la Tabla 8, se divide en principio dos tipos de requisitos, por un lado, los operacionales (características y condiciones de trabajo del sistema) y, por otro lado, las necesidades del usuario (especialista) en requerimientos o deseos.

Tabla 8.*Requerimientos operacionales y de usuario.*

Concepto	Propuesto por	Requerimiento / Deseo	Descripción
Dimensiones de la cinta caminadora	Cliente / Diseñador	Requerimiento	Dimensiones: longitud 1200 mm, altura 105 mm y ancho 480 mm.
Dimensiones para el posicionamiento del fisioterapeuta	Cliente / Diseñador	Requerimiento	Dos soportes laterales con dimensiones: longitud 1220 mm, altura 150 mm y ancho 140 mm.
Materiales	Diseñador	Requerimiento	Materiales disponibles en el mercado local que garanticen su propósito.
Velocidad	Diseñador	Requerimiento	El rango de velocidad debe encontrarse entre 0,9 m/s y 2 m/s.
Nivel de agua	Cliente	Requerimiento	El nivel de agua máximo es 0,50 m
Chorro de presión	Cliente	Requerimiento	Se requiere crear un flujo de agua dentro de la piscina.
Llenado / vaciado de agua	Cliente / Diseñador	Requerimiento	Que el llenado de agua sea rápido, para disminuir el estrés del can por el tiempo de espera.
Ingreso y salida del paciente	Cliente	Requerimiento	Puerta que permita el ingreso del paciente, con sellos herméticos y sistema de cierre seguro.
Anclajes	Cliente	Deseo	Colocación de puntos de sujeción para chaleco flotador.
Costos	Cliente / Diseñador	Deseo	Minimizar el costo de materiales y manufactura, para que en conjunto con la implementación electrónica y de control, tenga un precio asequible de comercialización.

3.2.2 Parámetros de diseño – selección.

Estructuralmente la caminadora, se construye en acero inoxidable de la familia AISI 200 y AISI 300, debido a su propiedad de resistencia anticorrosiva, fácil mecanización, precio y variedad de presentación disponibles, como: tubos, láminas, perfilería y tornillería; cumpliendo los parámetros establecidos previamente, y tomando como referencia [24], [31], mencionados en el **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**. En la Tabla 9 se presentan las dos alternativas de estos aceros, en conjunto con el Anexo 3 , donde se encuentran las especificaciones técnicas de los materiales más utilizados en el desarrollo de este proyecto.

Tabla 9.

Aplicación de la familia de aceros.

Denominación	Presentación	Aplicación
AISI 201	Lámina espesor 2 mm	Plancha de soporte para la cinta, soportes laterales para el fisioterapeuta, y paredes estructurales de la caminadora, también servirá para el diseño de los soportes de la bomba, motor y reductor.
	Lámina espesor 1,5 mm	Acoples a los ejes.
AISI 304	Tubería de 25,4 mm y 76,2 mm	La tubería permite el ingreso y salida de agua.
	Perfil cuadrado de 25,4 mm	El perfil sirve para unir las paredes estructurales de la caminadora, y también para el acople de la puerta de ingreso.

Eje. Para esta opción se comparan tres posibles alternativas, considerando si es anticorrosivo, su desgaste por fricción y el factor fundamental es el peso, debido a que existe una relación directamente proporcional con el torque, la potencia y la inercia. Como se visualiza en la Tabla 10.

Tabla 10.*Material para el eje.*

Material	Anticorrosivo	Peso	Desgaste por fricción
Tubo con inserto de eje (AISI 304)	Alto	Bajo	Bajo
Bronce al plomo	Alto	Alto	Medio
Polímero (Nailon)	Alto	Bajo	Alto

De esta manera se selecciona el **tubo con inserto de eje**, ya que el desgaste por fricción es relativamente bajo, esto aumenta significativamente la vida útil del eje, y cumple con el factor de disminuir el peso de este.

Paneles laterales. Por otro lado, para los paneles laterales, frontal y posterior se consideró como punto crítico la resistencia al impacto y qué tan seguro es el material para implementarlo en la estructura, en la Tabla 11 se evidencia una comparativa entre las 3 alternativas planteadas, y en el **Anexo 4** se encuentran sus características técnicas y propiedades.

Tabla 11.*Comparativa materiales transparentes.*

Material	Resistencia al impacto	Flexión	Cambios de temperatura	Seguridad
Vidrio templado estructural	Alta	Mínima	De -5 °C hasta 250 °C	Se fragmenta sin quebrarse ni genera aristas cortantes. Por el desgaste cambia su color, y en un impacto puntual presenta fisuras.
Acrílico	Media	Bastante	Hasta 80 °C	En impactos puntuales presenta ruptura.
Policarbonato	Alta	Bastante	Hasta 100 °C	

El material que se selecciona es el vidrio templado estructural ya que es seguro usarlo, en caso de recibir un golpe puntual, este es absorbido por el vidrio, dos láminas internas de vinil transparente se encargan de fragmentar el vidrio sin llegar a romperlo por completo.

Banda. Para seleccionar el material de la banda se toma en cuenta su resistencia al agua, y agentes de desinfección, considerando la abrasión, fricción y tensión que soporta. Se visualiza mediante la Tabla 12 las opciones presentes en el mercado nacional para esta aplicación.

Tabla 12.

Comparativa material de la banda.

Material	Flexión	Elongación	Tolerancia de temperatura	Fricción (Acabado)
Caucho	Alta	Hasta 5%	De -20 °C hasta 100 °C	La fricción que genera el caucho aumenta la elongación de este. Buena fricción, banda
PVC flexible	Media	1%	Desde -10 °C hasta 80 °C	con terminado piramidal para mayor agarre.

En resumen, el material que cumple con los requerimientos, podría ser tanto el caucho como el PVC, sin embargo, es el polímero PVC el material más fácil de adquirir en los distribuidores de bandas locales, por lo cual se selecciona. En el Anexo 5, se visualizan las características de la banda de PVC flexible, que se seleccionó.

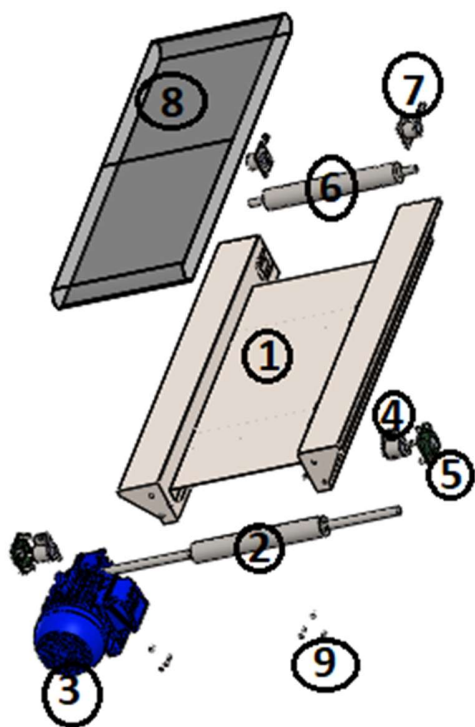
Adicionalmente se conoce las dimensiones establecidas para la base donde se localizará el paciente, 2560 mm de largo y 450 mm de ancho, con una masa de 3 kg, para estas dimensiones el fabricante sugiere usar un espesor de 2,5 mm, según el Anexo 5.

3.2.3 Parámetros de diseño – cálculos.

Cálculo analítico. En esta sección se presentan cálculos analíticos, componentes del sistema para el movimiento de la cinta, eje motriz, estimación del torque y potencia requerido, considerando las cargas críticas de masa y volumen de agua. Partiendo de la Figura 15 para realizar el respectivo análisis del conjunto.

Figura 15.

Componentes del sistema de movimiento de la caminadora.



Numeración	Ítem
1	Plancha de soporte y soportes laterales.
2	Eje motriz.
3	Motor con reductor.
4	Bocines para acoplamiento del eje motriz.
5	Chumaceras F205.
6	Eje tensor.
7	Bocines tensores.
8	Banda de PVC flexible
9	Tornillería

Análisis de ejes.

Se cuenta con una barra sólida de diámetro 25,4 mm, con una longitud total de 1030 mm. Material definido como AISI 304, destinado a trabajar como eje de transmisión de movimiento de una banda elástica, cuenta con dos perforaciones en la parte central que sirven para ensamblar una

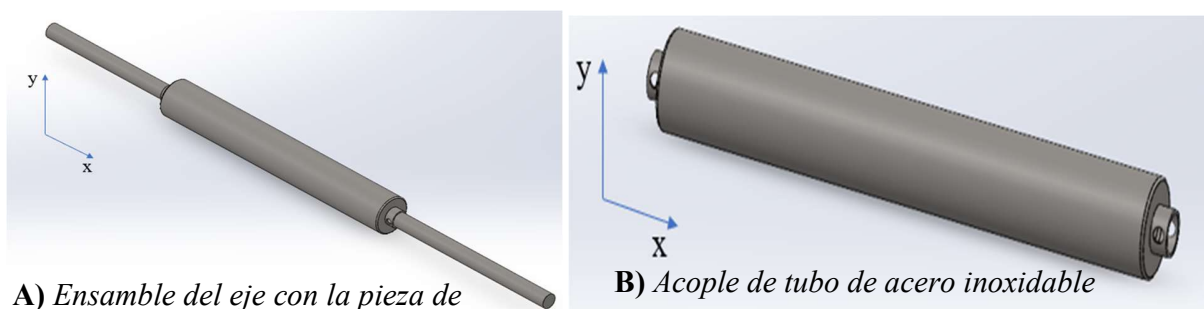
segunda pieza que estará en contacto directo con la banda. El funcionamiento del eje estará bajo efecto de cuatro consideraciones listadas a continuación:

- La banda se tensa con un eje secundario de igual magnitud al eje analizado.
- Sobre la banda se ubicará un can que se moverá a medida que se desplaza la banda.
- Tanto los ejes como la banda estarán sumergidos en agua a una profundidad máxima de 0,5 m.
- El eje estará sujeto mediante dos chumaceras F205, elegidas por el diámetro del eje y dos bocines, acoplados a la estructura.

En la Figura 16 se muestra la configuración para el análisis estático.

Figura 16.

Vista isométrica del eje motriz.



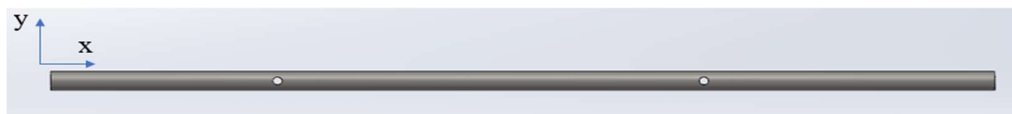
A) *Ensamble del eje con la pieza de acople para la banda elástica.*

B) *Acople de tubo de acero inoxidable*

Las perforaciones pasantes transversales del eje tienen un diámetro de 10 mm tal como se muestra en la Figura 17.

Figura 17.

Barra sólida con perforaciones pasantes.



Criterios de estudio.

Configuración estructural.

Se realiza el estudio de cada componente por separado a fin de simplificar y organizar las cargas relacionadas. El primer estudio se centra en el tubo de acople mostrado en la Figura 16.B mismo que estará en contacto directo con la banda y se sujetará al eje mediante una conexión empernada. El segundo estudio tiene por objetivo el eje motriz bajo efecto de las reacciones obtenidas en el primer estudio como cargas puntuales aplicadas en los puntos de interés.

Cargas de estudio.

Para definir las condiciones de carga críticas y que ejercen un efecto significativo en la resistencia del eje analizado, se consideran cuatro parámetros:

- La fuerza de tensión de la banda es significativa debido a la influencia directa que ejerce sobre el eje, especialmente en los puntos críticos donde se ubican las perforaciones y que disminuyen la cantidad de material en la sección transversal de la barra.
- El peso del can es despreciable ya que, si bien se ubica encima de la banda, todo el peso es soportado por una lámina metálica que sirve de soporte para el can, por lo que, la banda no sufre mayores deformaciones y por lo tanto no ejerce carga hacia el eje.
- La carga hidrostática del eje no es significativa en el estudio analítico del eje, debido a, la baja profundidad a la que se encuentra, misma que es menor a 1 atm y por lo tanto no ejerce presión suficiente para interferir en la resistencia de este, pero el agua estará por encima de la temperatura ambiente, este efecto sí se toma en cuenta para determinar el factor de temperatura dentro del estudio de resistencia a la fatiga.
- Debido a que la barra se encuentra sujeta por dos chumaceras y dos bocines, tendrá libre rotación a lo largo de su eje X, solo se consideran cargas transversales que puedan ocasionar algún efecto significativo.

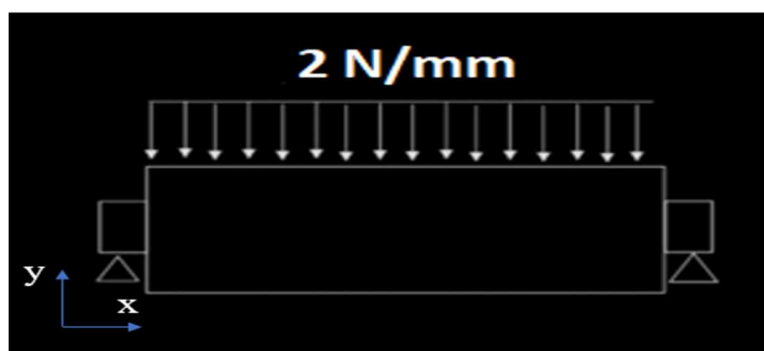
- Debido a que la barra se encuentra sujeta por dos chumaceras y dos bocines, tendrá libre rotación a lo largo de su eje X, solo se consideran cargas transversales que puedan ocasionar algún efecto significativo.

Análisis.

Se cuenta con dos elementos a ser analizados. La Figura 18 muestra la configuración para el estudio del primer elemento, se considera el valor de 2 N/mm como la fuerza de elongación de la banda según el Anexo 5.

Figura 18.

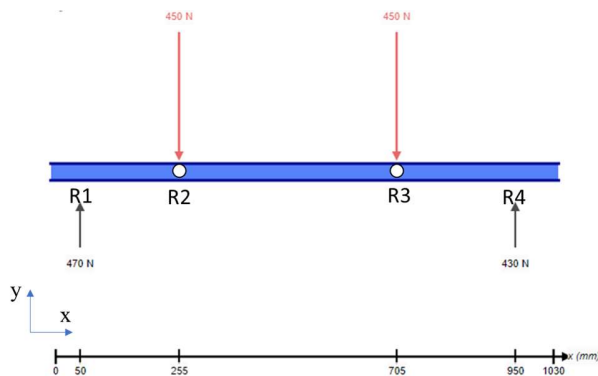
Configuración para estudio del tubo.



Bajo esta configuración, la carga distribuida representa la tensión de la banda a lo largo del tubo de 450 mm. Debido a la simetría de los puntos de apoyo y la carga distribuida uniforme, se obtiene 450 N como reacción para cada punto de apoyo **R2** y **R3**. El segundo elemento para analizar es la barra de 25,40 mm de diámetro y 1030 mm de longitud. La Figura 19 muestra la configuración de sujeciones y cargas del eje.

Figura 19.

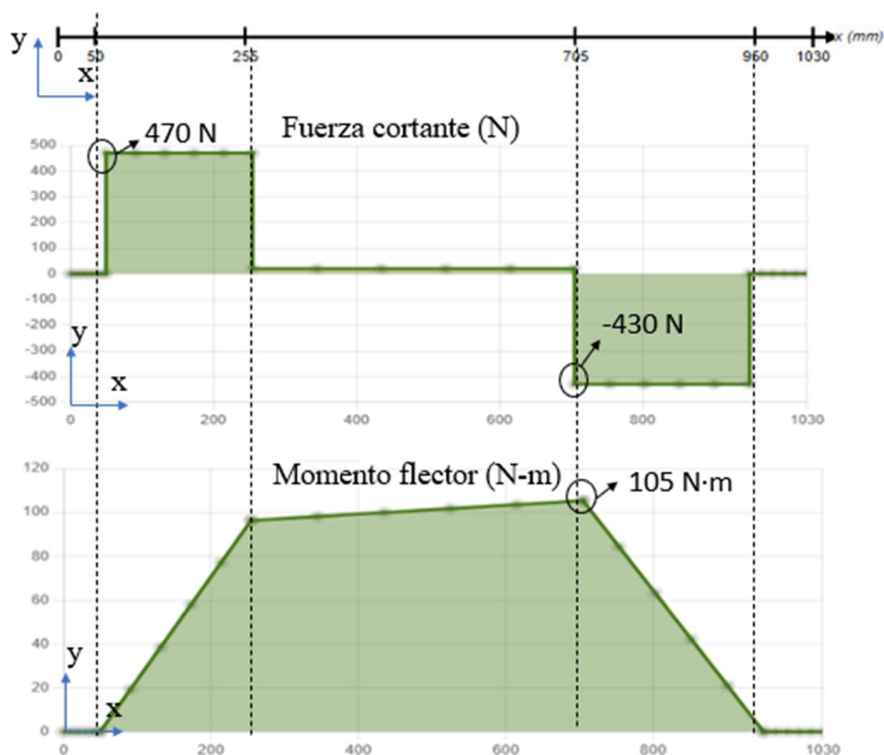
Configuración de las sujeciones y cargas del eje.



El resultado de las reacciones en R1 y R4 son $R1 = 470 \text{ N}$ y $R4 = 430 \text{ N}$. Se obtiene los diagramas de fuerza cortante y momento flector (Figura 20) bajo las condiciones de carga establecidas.

Figura 20.

Diagrama de fuerza cortante y momento flector.



El momento flector máximo obtenido es en R3, con un valor de 105 N·m. A partir de ello, se calcula el esfuerzo cortante en este punto crítico. mediante la Ecuación 9.

El esfuerzo cortante tiene un valor de: $\sigma = 65,26$ MPa. No obstante, tanto en B como en C se encuentran dos perforaciones pasantes, estos puntos se definen como concentradores de esfuerzos.

Concentrador de esfuerzo.

La Figura 6 determina que la relación d/D representa el valor para el concentrador de esfuerzos K_t , donde d y D tienen valores de 10 mm y 25,4 mm respectivamente. El valor de K_t es: 1,84. Por lo que, el esfuerzo cortante máximo se redefine como $\sigma = 120,08$ MPa.

Pasador.

La Figura 7.C muestra el tipo de pasador que se propone. En este caso, la carga principal es cortante y el eje, estará sometido a rotación, por lo cual se debe transferir el par de torsión del tubo a la barra, en [26] se menciona que, un pasador de 9 mm a 10 mm soporta una fuerza de sujeción de 890 N aproximadamente. Este dato indica que el diámetro de los pasadores es el adecuado para esta aplicación.

Criterio de seguridad de fatiga.

Al evaluar el factor de seguridad del eje con la Ecuación 10, se obtiene el valor de 1,83. Este valor cumple con el factor mínimo requerido, determinando así, que el esfuerzo que soportará el eje es muy bajo comparado con la resistencia a la fluencia del AISI 304.

Fatiga.

El volumen del tanque se determina con la Ecuación 5 y las dimensiones dadas en la Tabla 7 dando como resultado: $0,525 m^3$, la densidad volumétrica del agua se conoce que es

$1000 \frac{kg}{m^3}$ a temperatura ambiente, la Ecuación 6 permite obtener la presión hidrostática que ejerce el agua sobre el eje obteniendo como resultado el valor de $4905 \frac{N}{m^2}$.

Debido a que se trata de un eje que estará en rotación continua se considera como una carga cíclica por lo que es necesario estudiar la resistencia a la fatiga bajo estas condiciones de carga. Para ello se toma en cuenta la resistencia del acero a la fatiga sugerido en [26, p. 330], el límite de resistencia a la fatiga de una viga rotativa para vida infinita es $Se' = 0,5 * Sut$, redefiniendo así $Se' = 252,5$ MPa.

- Factor de superficie. - Se conoce el valor del $Sut = 505$ MPa por el material AISI 340, y que el eje ha sido maquinado para rectificar su diámetro, por lo tanto, la fórmula de la Figura 8.
Factor de superficie [26, p. 274]., estima que el valor del factor Ka es igual a 0,867.
- Factor de tamaño. - En la Figura 8.
Factor de superficie [26, p. 274]., se obtiene una estimación para el cálculo de este factor, como el eje tiene un diámetro equivalente de 25,5 mm, se selecciona la tercera ecuación. Obtenido así un valor de $Kb = 0,879$.
- Factor de carga. - El eje al estar sometido a flexión genera un parámetro de carga $Kc = 1$, como se visualizar en la Figura 8.
Factor de superficie [26, p. 274].
- Factor de temperatura. - Dentro de los datos de la Figura 8.
Factor de superficie [26, p. 274]., se desconoce el factor para la temperatura máxima a la que se encontrará sumergido el eje, 35 °C, por lo cual se considera el valor de 1.

- Confiabilidad (99,99) = El criterio de confiabilidad para este trabajo, está dado por la Figura 12, donde se estima un factor $K_e = 0,753$.

El factor de corrección total K_i es el producto de cada uno de los factores estimados, ($K_a * K_b * K_c * K_d * K_e$), obteniendo así el valor de $K_i = 0,578$ este valor afecta a la resistencia a la fatiga de la probeta $K_i * S_e'$, dando como resultado un nuevo valor de resistencia a la fatiga del eje de $S_e = 145,95$ MPa.

Por medio de la Ecuación 11 se determina el factor de seguridad del eje sometido a fatiga obteniendo $n = 1,21$. En conclusión, el eje analizado muestra un factor de seguridad por encima del valor mínimo, por lo que se determina que el eje no fallará.

Deflexión.

Previamente se ha definido que el radio del eje es: $r = 0,032$ m. Mediante la Ecuación 12, se obtienen los valores de inercia tanto de la barra, como la del rodillo: $I_{r1} = 8,24 \times 10^{-7} m^4$ y $I_{r2} = 2,04 \times 10^{-8} m^4$, por lo que la inercia total del eje es $I = 8,44 \times 10^{-7} m^4$.

Para determinar la deflexión del eje se utiliza la Ecuación 13; los valores de longitud, cargas, módulo de elasticidad y momento de inercia han sido establecidos previamente. Por lo tanto, el valor de deflexión máximo del eje es $y_{max} = -1,98 \times 10^{-4} m$. Para evaluar si la deformación transversal es admisible o no, se utiliza la Ecuación 14, estableciendo el límite de deflexión permisible para la longitud estimada con un valor $y_{perm} = 2,86 \times 10^{-3} m$. Al compararlo con el valor de la deflexión máxima se establece que la deflexión del eje es admisible.

Análisis de torque y potencia para rotar la cinta.

De los requerimientos planteados por parte de los especialistas y por la investigación, se obtiene que el rango de velocidad es de $0,9\text{m/s}$ y 2 m/s . Considerando la velocidad angular calculada mediante la Ecuación 1 se establece que desplazamiento que tendrá la cinta es: $w = 62,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

La Ecuación 2 permite calcular la inercia de la cinta y de la carga, el momento de inercia de la carga sobre el eje es de $Ic = 0,055\text{ kg} * \text{m}^2$.

La carga distribuida de la banda afecta al rodillo motriz, $Fb = 900\text{ N}$, el coeficiente de fricción de la cinta es de 0,3 (Anexo 5), mientras que la carga del can produce $Fp = 500\text{ N}$, con un coeficiente de fricción de 0,3. Por lo tanto, la carga tanto de la banda como del can se redefinen en $Fb = 270\text{ N}$ y $Fp = 150\text{ N}$ respectivamente, la eficiencia del motor se estable en 0,85 %. El torque necesario para rotar el eje con esa carga se obtiene a partir de la Ecuación 3, dando como resultado $T = 15,81\text{ N}\cdot\text{m}$.

La potencia regenerativa de rotación está dada por la Ecuación 4, el torque y la velocidad angular han sido determinados previamente, de modo que, la potencia que se requiere es de:

$Pot = 988,13\text{ W}$ y su equivalencia en caballos de fuerza es 1,33 hp.

Tanto el valor de inercia, torque y potencia requeridos, son parámetros que sirven para seleccionar un motor adecuado, en el complemento de este trabajo de titulación, “**Sistema electrónico para una caminadora subacuática de hidroterapia en canes de razas grandes**”.

Bomba para chorro de presión.

Cómo requisito opcional por parte de los especialistas se planteó la colocación de una bomba que recircule el agua dentro de la estructura, para generar un chorro que en el caso de ser necesario aumenta la resistencia del agua, ayudando puntualmente a la regeneración muscular del paciente.

La bomba ha sido seleccionada en el complemento de este trabajo de titulación, por lo que se obtienen los siguientes datos técnicos de la bomba, caudal $Q = 1,08 \text{ m}^3/\text{h}$, el diámetro tanto de ingreso como de salida de agua es de 31,75 mm, de esta manera se estima la velocidad de flujo del fluido y la presión que tendrá el chorro, siguiendo como referencia la Ecuación 7, obteniendo como resultado $6,02 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, como velocidad lineal del agua. Para la implementación de la bomba con la estructura, se colocan cinco codos de unión, lo que genera una pérdida por fricción dando como resultado un factor de reducción de 0,7; por lo tanto, se redefine un nuevo valor de $4,21 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Se calcula la presión que tendrá el chorro, utilizando la Figura 7.C de modo que, el resultado es: 0,014MPa, este valor es muy bajo como para producir daños al paciente, pero es suficiente para generar una pequeña turbulencia, aumentando así la resistencia del agua.

3.2.4 Parámetros de diseño – simulaciones.

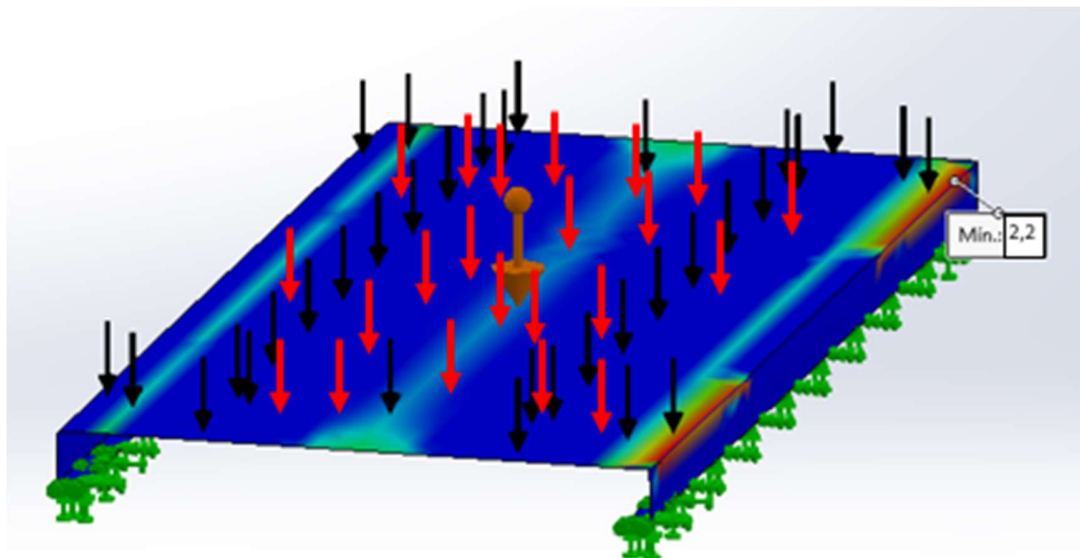
Para obtener mejores resultados en el trabajo con plancha de acero inoxidable se utilizó software *CAD*, realizando las estructuras para posteriormente ejecutar un análisis estático.

Coefficiente de seguridad simulación.

Para determinar el espesor requerido para los soportes tanto para la cinta dónde caminará el can, como en los soportes dónde el fisioterapeuta se encontrará situado, en la Figura 21 y Figura 22, se observan los análisis ejecutados de las dos estructuras respectivamente, con los siguientes parámetros: masa del can de 5 kg (color rojo), masa de la persona 100 kg (naranja), el valor de la gravedad (blanco), y la presión volumétrica (negro) calculada en la Ecuación 6. Además, el parámetro de chapa metálica que se utiliza es de 1,5 mm y 2mm de espesor respectivamente y el factor de doblez de 2, obteniendo como resultado un factor de seguridad mínimo de 2,2 y 2,7.

Figura 21.

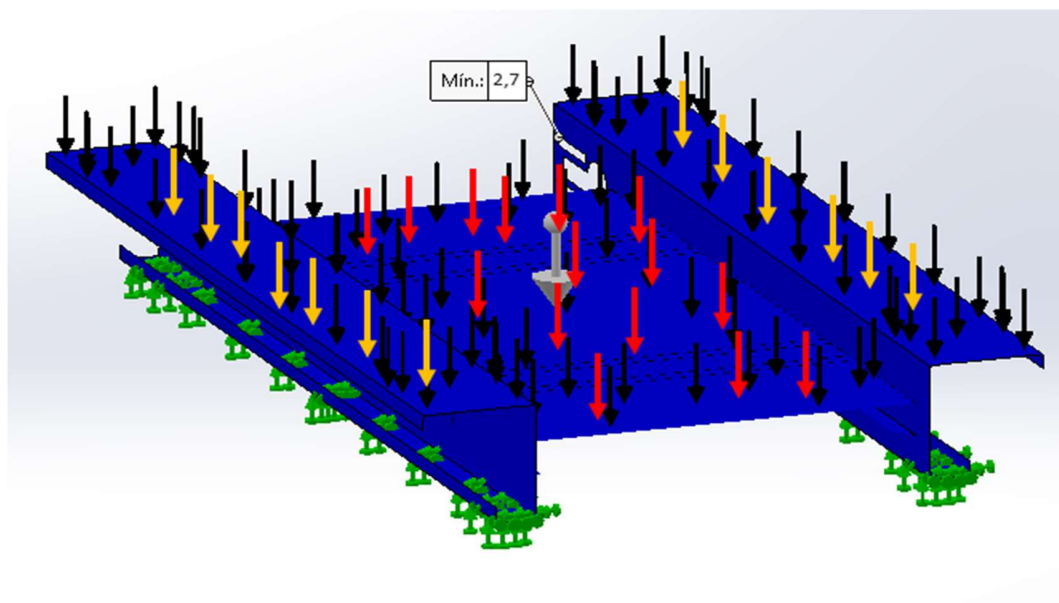
Simulación estática de cargas en la plancha.



Los factores de seguridad validan que las estructuras soportarán las consideraciones críticas establecidas.

Figura 22.

Simulación estática de cargas en los soporte: laterales.



3.3 Fase de construcción.

Detalles de construcción.

En este apartado se describen aspectos importantes a considerar en la construcción de la estructura.

Ejes. Es importante mencionar que la fricción en los ejes cuando son cubiertos por el agua disminuye, por tal motivo es importante realizar un proceso de manufactura denominado, moleteado, que aumenta la fricción entre el eje y la banda, incrementando así la tracción de esta, para un desplazamiento ideal, en la Figura 23 se visualiza el proceso.

Figura 23.

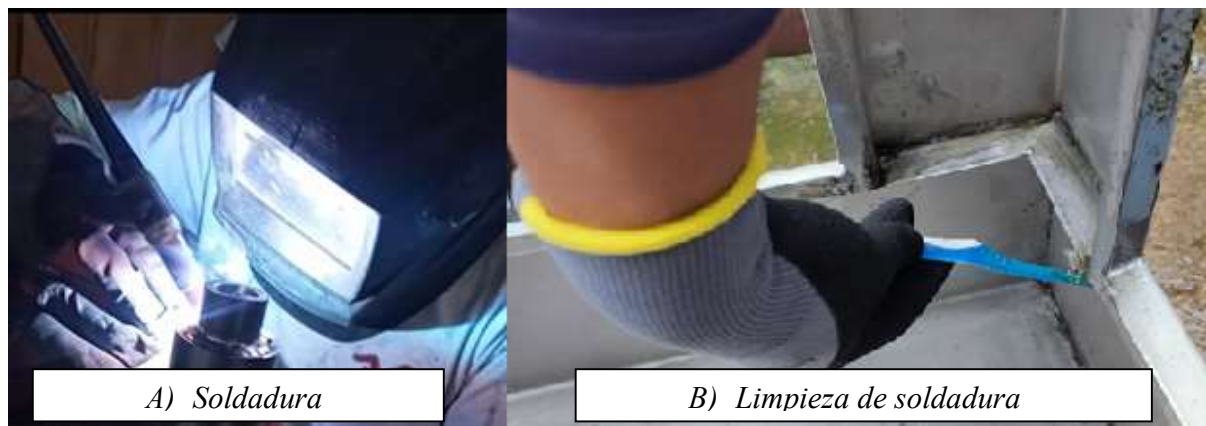
Proceso de moleteado a los tubos de los ejes.



Soldadura. Según [24], para los componentes de los ejes es recomendable usar una soldadura por arco en atmósfera inerte (argón) con electrodo de tungsteno, mientras que, para el espesor seleccionado de las láminas, se sugiere el mismo método de soldadura, cambiando el electrodo por una varilla de aporte para láminas inoxidables denominada INDURA 316 H. Y limpieza con ácido nítrico, como se visualiza en la Figura 24.

Figura 24.

Soldadura y limpieza de soldadura.



Vidrio. En consideración con este aspecto es importante mencionar que el vidrio se acopla a la estructura con silicona y se sujeta con unos soportes en cada una de las esquinas para mayor sujeción, para trabajar en este proceso es fundamental ir colocando puntos de soldadura y posteriormente enfriándolos con agua, para evitar un aumento significativo de temperatura en el vidrio. Como se muestra en la Figura 25.

Figura 25.

Acople del panel de vidrio estructural a la estructura.



Puntos de anclaje. - Se colocan en cada esquina de las paredes laterales, sirven como punto de anclaje para chalecos flotadores en caso de ser requeridos por el especialista para los pacientes, la Figura 26 muestra la colocación de los anclajes a la estructura.

Figura 26.

Soldadura de puntos de anclaje.



Sellos. - Para sellar la puerta de ingreso se utiliza las gomas de las puertas vehiculares, ya que su función es evitar el ingreso de líquidos o partículas al interior de estos, en este proyecto cumplen la función de evitar la fuga de agua, en la Figura 27 se presenta su instalación.

Figura 27.

Instalación de gomas para evitar fugas de agua.



Adicionalmente, se colocan sellos mecánicos en las paredes internas por dónde pasará el eje para acoplarse a las chumaceras, las mismas constan de un bloque cuadrado de nylon 6/10 de 100 mm con un espesor de 15 mm, adherido a la estructura mediante silicona de montaje y pernos que presionan el bloque internamente y las chumaceras externamente. Además, acopla en

su centro un retenedor con dimensiones 35 mm de diámetro externo, 25 mm de diámetro interno y 9 mm de espesor, que evitará fugas en la estructura permitiendo a su vez, la rotación del eje. En la Figura 28 se aprecia la instalación de este sello mecánico.

Figura 28.

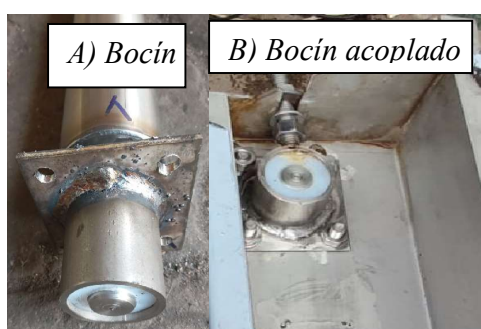
Sello mecánico del eje.



Tensión de la banda. - Consiste en dos bocines acoplados en la estructura de soporte de la caminadora, dónde se inserta el eje tensor, en la Figura 29 se visualiza una placa de acero inoxidable en conjunto con un bocín de nylon.

Figura 29.

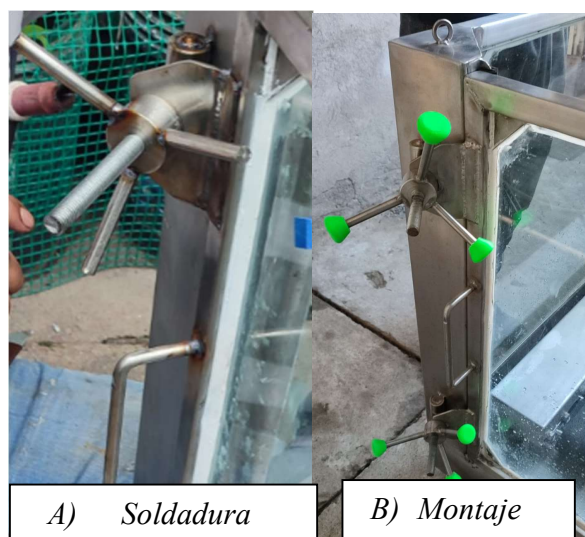
Mecanismo tensor.



Cierre de la puerta de ingreso. - Este mecanismo acopla dos bisagras con varilla roscada a la estructura, en la puerta se acoplan dos platinas soldadas, para que mediante dos llaves tipo trípode con una perforación roscada cierren la puerta de ingreso, en la Figura 30 se visualiza.

Figura 30.

Sistema para cerrar la puerta de ingreso.



Análisis de costos.

En la Tabla 13 se detallan los costos de todos los componentes, materiales y servicios utilizados para el desarrollo del proyecto.

Tabla 13.

Análisis de costos.

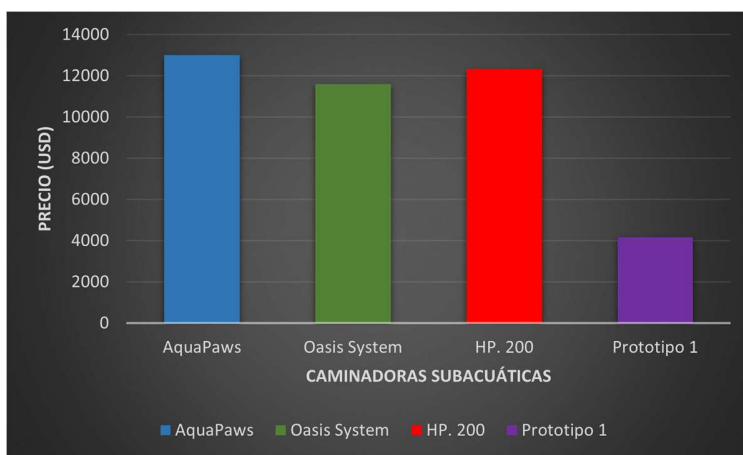
Rubros	Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	GASTO TOTAL
Recursos humanos	Mano de obra/proceso de manufactura	-	-	-	
Soldadura tig	Precio por punto	85 puntos	\$1,00	\$85,00	\$85,00
Doblado de planchas	Precio por metro lineal	5 metros	\$2,50	\$12,50	\$12,50
Corte de plancha	Precio por metro lineal	7,5 metros	\$2,00	\$15,00	\$15,00
Transporte de materiales y equipos	Transporte-flete	4 viajes	\$50,00	\$20,00	\$20,00
Mano de obra	Ensamblaje por días	7 días	\$20,00	\$140,00	\$140,00

Horas de diseño	Tiempo empleado en el diseño	640 h	\$2,50	\$1,600	\$1,600
Subtotal					\$1872,50
Recursos tecnológicos	Recursos/materiales de oficina				
Software de diseño	Licencia SolidWorks (académica)	1 licencia	\$0	\$0	\$0
Subtotal					\$0
Materiales	Materiales para usar	-	-	-	GASTO
					TOTAL
Tuberías	Tuberías para la conexión de agua, 2"	2 tubos	\$ 15,00	\$ 30,00	\$ 30,00
Accesorios para tubos (kit)	Codos, T, Y, tapones, sellos	varios	\$ 20,00	\$ 20,00	\$ 20,00
Chumaceras	Rodamiento	2 unidades	\$ 25,00	\$ 50,00	\$ 50,00
Bridas de sellado	Duralón con retenedores	2 unidades	\$ 15,00	\$ 30,00	\$ 30,00
Tubo inoxidable	Tubo inoxidable	1 tubo	\$ 50,00	\$ 50,00	\$ 50,00
Plancha de acero Inoxidable	Acero Inoxidable AISI 304 con 1,5 mm de espesor 1,22 m x 2,44 m	2 planchas	\$ 115,00	\$ 230,00	\$ 230,00
Gomas	Gomas de protección	4 metros	\$ 5,00	\$ 20,00	\$ 20,00
Vidrio	Vidrio estructural 8 mm	4 vidrios	\$ 40,00	\$ 160,00	\$ 160,00
Barra	Eje de inoxidable	1 barra	\$ 65,00	\$ 65,00	\$ 65,00
Accesorios para montaje	Tomillería, sellados, entre otras.	Varios	\$ 60,00	\$ 60,00	\$ 60,00
Banda de lona	Banda de caminadora	1 banda	\$ 90,00	\$ 90,00	\$ 90,00
Subtotal					\$ 805
TOTAL, MECÁNICA					\$ 2677,50

Hay que mencionar que el costo total de este proyecto únicamente considera la parte mecánica, se obtiene un valor de \$1500 como precio de implementación de la parte electrónica y de control, dando como resultado un valor de \$4177,5. Este rubro no es un valor comercial, pero se lo relaciona con los precios de las caminadoras subacuáticas, mencionadas en el CAPÍTULO I, ver Figura 31.

Figura 31.

Relación de precio entre caminadoras subacuáticas.



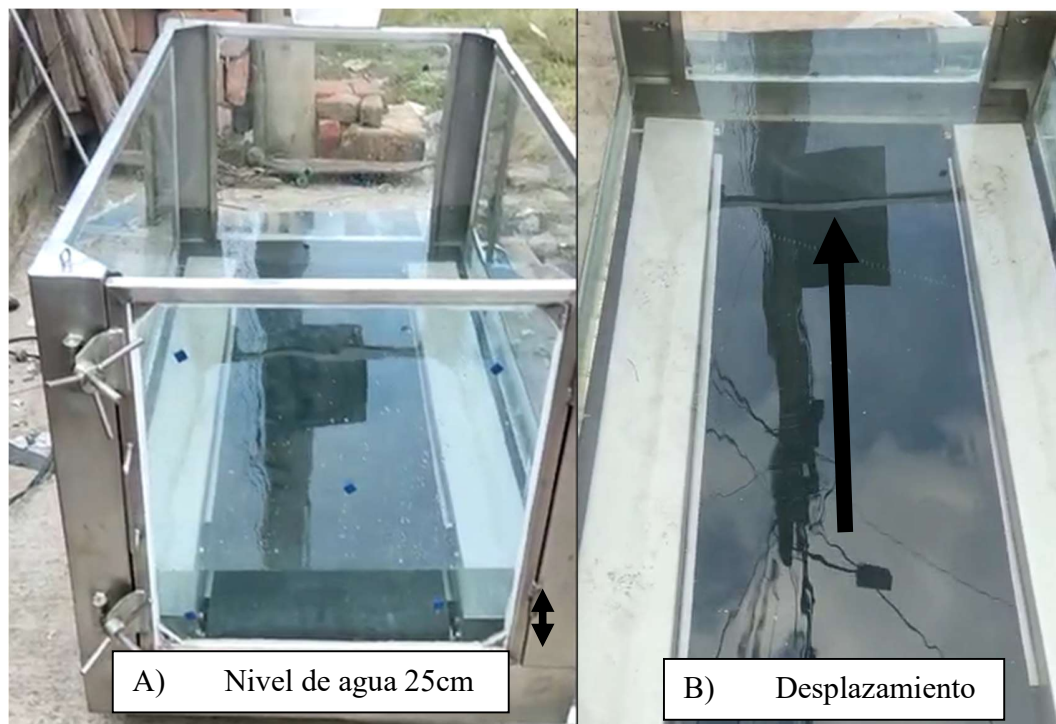
3.4 Fase de verificación.

En esta fase finalmente se comprueba que la cinta se desplace con carga y sin carga, adicionalmente se agrega una cierta cantidad de agua para verificar filtraciones de agua.

En la Figura 32, se presenta el montaje de la estructura para la verificación de fugas y desplazamiento.

Figura 32.

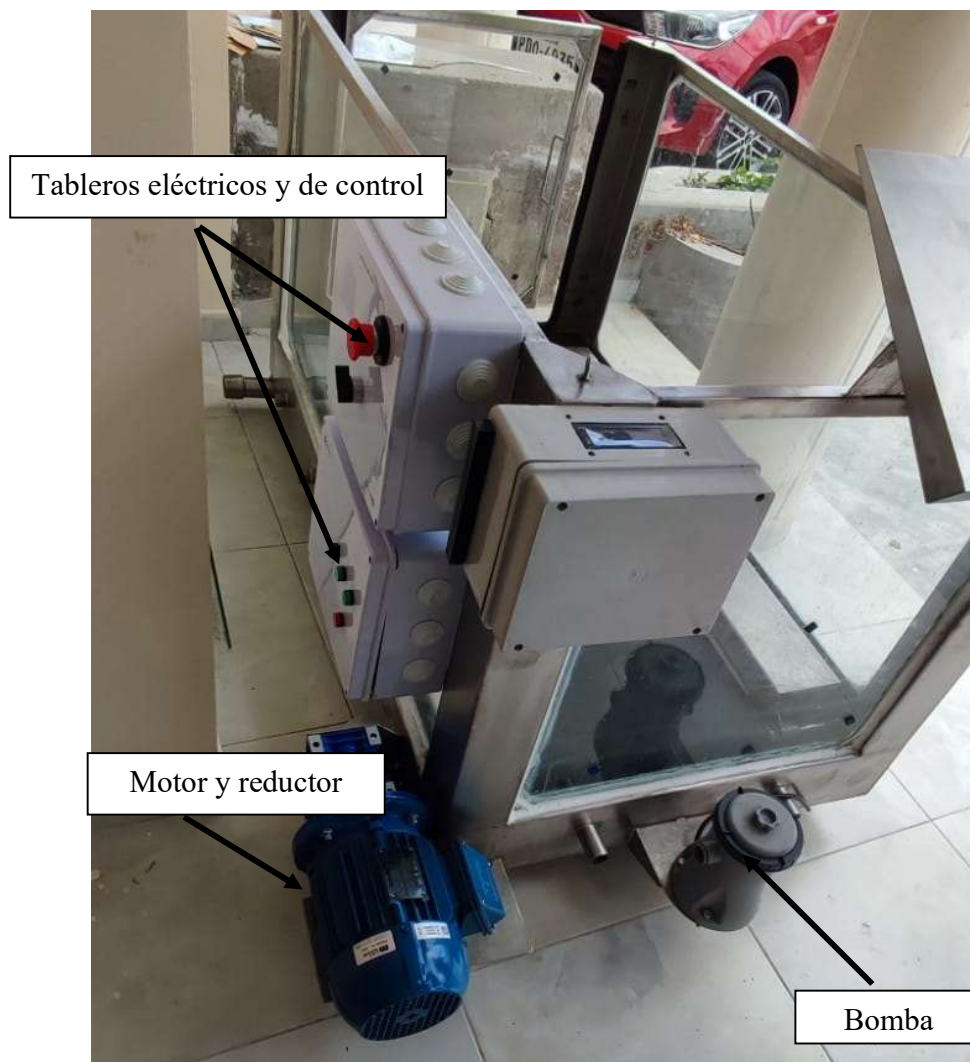
Verificación de fugas de agua y rotación de la caminadora.



Adicionalmente, se integra la parte electrónica y de control de la caminadora, implementando así, bases construidas en acero inoxidable 304 tanto para la bomba de chorro de presión, el motor con su respectivo reductor y unas guías para la sujeción de los tableros de mando y potencia, en conjunto con un soporte dónde se alojará el dispositivo de control de la caminadora, obteniendo como resultado el ensamblaje de la Figura 33.

Figura 33.

Ensamblaje de la estructura.



3.5 Fase de mantenimiento.

En esta última fase se corrigen los errores que se enlistan en la Tabla 14.

Tabla 14.

Corrección de errores.

Errores	Corrección
Fuga de agua entre chumacera y retenedor	La fuga se da por falta de silicona de montaje para la adherencia de las piezas mecánicas.
Fuga de agua en puerta de cierre	Falta de adhesión entre el caucho con el acero inoxidable, se agrega cemento de contacto a base de neopreno, para sellar la junta y evitar fugas
Bomba depuradora, no elimina filtraciones de burbujas de aire, y a largo plazo puede presentar fallos en esta.	Instalación de una válvula cinética para purgar aire.

Finalmente, la parte estructural y mecánica de la caminadora subacuática para hidroterapia canina, queda culminada y queda a disposición para terminar con el acoplamiento del **“Sistema electrónico para una caminadora subacuática de hidroterapia en canes de razas grandes”**, como se visualiza en la Figura 34.

Prueba de verificación.

Figura 34.

Prueba de verificación.



4 CONCLUSIONES

- La determinación de las condiciones de trabajo de la caminadora subacuática, rango de velocidad (0,9 m/s – 2 m/s), cargas máximas de peso (50 kg can y 100 kg especialista), nivel máximo de agua (0,5 m sobre la cinta caminadora) y rango de temperatura del agua dentro de la estructura (25 °C – 35 °C) son la base para plantear un proceso de diseño y construcción, estos datos proporcionaron las especificaciones técnicas necesarias para la fabricación de la estructura en cuestión.
- La implementación de una caminadora subacuática para hidroterapia permite la recuperación, rehabilitación y mejoría del bienestar físico canino-canina generando un abanico de posibilidades para poner en práctica nuevas técnicas fisiátricas,
- La validación con las consideraciones críticas establecidas permitió asegurar que la caminadora subacuática desarrollada es confiable y segura, y es una pauta para implementar estos sistemas en centros fisiátricos y terapéuticos veterinarios del país, es preciso mencionar también que el prototipo desarrollado ayuda a los pacientes caninos que requieren tratamientos con hidroterapia, sin embargo, no es una cura para sus enfermedades, sirve más bien como apoyo en conjunto con diferentes técnicas y procedimientos que los médicos tratantes estimen pertinentes.

5 RECOMENDACIONES

- Como recomendación general se plantea que en el siguiente proceso de desarrollo del prototipo se adicione un sistema de filtración y desinfección del agua, para que esta pueda ser reutilizada una determinada cantidad de veces.
- Las especificaciones tanto de los intervalos de tiempo durante las sesiones, la temperatura y nivel de agua, así como la velocidad de la cinta debe variar dependiendo de las características neuromusculares y articulares del paciente, ya que, pacientes con la misma afección reaccionan de diferente manera a estos estímulos mencionados anteriormente.

6 REFERENCIAS

- [1] J. Rojas, “Diseño de Ortopedia de rehabilitación y adaptación para caninos,” 2015, Accessed: Nov. 10, 2022. [Online]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4759>
- [2] P. López, “Fisioterapia para mascotas: una esperanza para animales con parálisis,” Quito, Ecuador, Sep. 2015. Accessed: Nov. 10, 2022. [Online]. Available: <http://lacajaneira.com.ec/fisioterapia-para-mascotas-una-esperanza-para-animales-con-paralisis/>
- [3] M. G. Drum, D. J. Marcellin-Little, and M. S. Davis, *Principles and applications of therapeutic exercises for small animals.*, vol. 45. 2015. doi: 10.1016/j.cvsm.2014.09.005.
- [4] F. Barnicoat and A. P. Wills, “Effect of water depth on limb kinematics of the domestic dog (*Canis lupus familiaris*) during underwater treadmill exercise,” *Comp Exerc Physiol*, vol. 12, no. 4, pp. 199–207, Dec. 2016, doi: 10.3920/CEP160012.
- [5] S. Mendes, I. Coutinho, and P. Rebelo, “Hidroterapia canina,” *Revista Portuguesa de Ciências Veterinarias*, 2015.
- [6] C. Moya, “Sistema de hidroterapia en el tratamiento de displasia coxofemoral para perros de raza pequeña,” Ambato, 2020.
- [7] M. Pilco P., E. Hinojosa M., and E. Serrano-Martínez, “Tratamiento fisioterapéutico en caninos domésticos con claudicación del tren posterior,” *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 28, no. 4, pp. 784–793, Dec. 2017, doi: 10.15381/rivep.v28i4.13868.
- [8] A. Chauvet, J. Laclair, D. A. Elliott, and A. J. German, “Incorporation of exercise, using an underwater treadmill, and active client education into a weight management program for obese dogs,” *Can Vet J*, vol. 52, no. 5, pp. 491–6, May 2011.
- [9] SantéVet, “Tipologías de razas perros,” Mar. 24, 2022. <https://www.santevet.es/articulo/tipologias-razas-caninas>. (accessed Nov. 10, 2022).

- [10] M. Narváez, “Evaluación de los efectos raza, peso y edad en el tiempo de recuperación en esterilizaciones de caninos,” Cuenca, 2016.
- [11] National Geographic, “Perros - Fichas de animales en National Geographic.”
<https://www.nationalgeographic.com.es/animales/perros> (accessed Aug. 16, 2022).
- [12] J. Zaera, “Resolución de las fracturas más frecuentes,” in *Traumatologías en pequeños animales*, SERVET, 2013.
- [13] J. Rocha, “Discapacidad física canina,” Colombia, Bogotá, 2019.
- [14] A. De Francia, A. Chico, and I. Durall, “Traumatología para no traumatólogos,” España, 2012.
- [15] C. M. Egger, L. Love, and T. J. (Tom J.) Doherty, *Pain management in veterinary practice*, First edition., vol. 1. 2014.
- [16] W. R. Blakeley, “¿Qué es tratamiento conservador?,” 1971.
- [17] S. Parkinson, A. P. Wills, G. Tabor, and J. M. Williams, “Effect of water depth on muscle activity of dogs when walking on a water treadmill,” *Comp Exerc Physiol*, vol. 14, no. 2, pp. 79–89, Jun. 2018, doi: 10.3920/CEP170031.
- [18] F. Barnicoat and A. P. Wills, “Effect of water depth on limb kinematics of the domestic dog (*Canis lupus familiaris*) during underwater treadmill exercise,” *Comp Exerc Physiol*, vol. 12, no. 4, pp. 199–207, 2016, doi: 10.3920/CEP160012.
- [19] “Cinta de correr - Wikipedia, la enciclopedia libre.”
https://es.wikipedia.org/wiki/Cinta_de_correr (accessed Aug. 18, 2022).
- [20] V. M. Faires, “Diseño de elementos de máquinas (Cuarta edición),” *Limusa*, 1995.
- [21] Deantonio Jennifer, “Diseño y Cálculo de Tanques de Almacenamiento,” Cali, Colombia, May 2019.
- [22] *Mecánica de Fluidos* V. L. STREETER- B. WYLIE 1979 McGraw- Hill.
- [23] U. K. McCormick and N. Spencer, “Details of canine hydrotherapy pools and treadmills in 22 hydrotherapy centres in the United Kingdom,” Reino Unido, May 2015.

- [24] N. Baddoo *et al.*, “Manual de Diseño para Acero Inoxidable Estructural 4ta Edición,” Barcelona, España, 2017.
- [25] E. D. Padilla, “Aplicaciones de los aceros inoxidables,” 1999.
- [26] R. G. Budynas and J. Keith Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición,” New York, 2012.
- [27] P. Vásquez, “Metodologías de Gestión de Proyectos, alcance, impacto y tendencias,” Primavera, Chile, 2007.
- [28] “Declaracion Universal de los derechos del animal”, Declaración proclamada por la ONU y UNESCO, Londres, Sep. 1977.
- [29] “Reglamento de tenencia y manejo responsable de perros”, Ordenanza metropolitana N°019 -2020 Quito, Feb. 2020.
- [30] R. Hernández, C. Fernández, and M. del Pilar, “Metodología de la investigación, 5ta Ed,” México DF, 2010. [Online]. Available: www.FreeLibros.com
- [31] M. Ibarra, E. Nuñez, and J. Huerta, “Manual Aceros Inoxidables,” Chile, Mar. 2010. [Online]. Available: www.indura.net

7 ANEXOS

7.1 Anexo 1

7.1.1 Sección A

Guion de entrevista

Tiempo estimado de la entrevista:

90min

Criterios para comprobar antes de la entrevista:

El entrevistado es especialista en fisiatría canina, quien en su trabajo desempeña mucho cuidados y métodos fisiátricos, ya que la mayoría de los pacientes necesitan terapias guiadas para su proceso de rehabilitación.

En este caso usaremos su experiencia para sacar los diferentes requerimientos de parte del especialista, para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Antes de la entrevista, se le pedirá al entrevistado que confirme oralmente su consentimiento en la grabación de la entrevista.

Para la entrevista usaremos la técnica del embudo, empezando con preguntas generales y siguiéndolas con preguntas cada vez más concretas.

Descripción del proyecto:

El proyecto consiste en el desarrollo de una Caminadora subacuática para hidroterapia en canes de razas grandes.

ENTREVISTA

- *¿Qué es y cómo se procede a medir el nivel de estrés de un can?*
- *¿Cuáles son los signos de estrés en canes, más comunes?*
- *¿Cuáles son las enfermedades más comunes que afectan a la movilidad y marcha canina?*

- *¿Qué alternativas hay, para tratar afecciones de la movilidad y marcha canina?*
- *¿Cuáles son los principales procedimientos fisiátricos veterinarios?*
- *¿Cuál es la función principal de un sistema de rehabilitación con hidroterapia?*
- *Dentro de la medicina veterinaria, ¿cuáles son los beneficios de la hidroterapia?*
- *¿Qué modos de hidroterapia hay, y cuáles son sus diferencias más significativas?*
- *¿Cuáles son los métodos para evaluar la progresión del paciente con esta terapia?*
- *¿Cuáles son las técnicas que generalmente se usan en la hidroterapia canina?*
- *¿Qué tipos de pacientes pueden usar la hidroterapia?*
- *¿Conoce el funcionamiento de sistemas de rehabilitación de hidroterapia canina con caminadora subacuática? (explicación breve)*
- *¿Conoce cuál es el rango de velocidad óptimo en una caminadora para fisioterapia canina?*
- *¿Cuáles son los beneficios de la temperatura del agua, de acuerdo con la necesidad fisiátrica?*
- *¿Cómo influye el nivel de agua en las articulaciones del paciente en cada sesión de hidroterapia?*
- *¿Cuáles son los rangos de trabajo en función del tiempo, en cada sesión de hidroterapia?*
- *¿Cuáles son los factores de riesgo a considerar en cada sesión, por parte del paciente?*
- *¿Cuáles son los factores de riesgo a considerar en cada sesión, por parte del especialista?*
- *¿Conoce usted la clasificación de perros según su peso?*
- *¿En Ecuador cuales son las razas predominantes?*
- *¿Ha manejado algún equipo de hidroterapia anteriormente? (Describa las características)*
- *¿Qué características cree usted que son necesarias en estos sistemas?*

- *¿En pacientes críticos, cuál sería la mejor opción de ingreso al sistema? (Rampas, puertas abatibles)*
- *¿Considera usted necesaria la asistencia interna del especialista o externa en este sistema de hidroterapia?*
- *¿Cuál es la factibilidad que considera usted que existe en el país para implementar un sistema como este?*
- *¿Qué recomendaciones adicionales o criterios tiene para la investigación y desarrollo de este sistema de rehabilitación?*

7.1.2 Sección B

RESUMEN

1. Requerimientos estructurales (Dimensiones, mantenimiento).

2. Modo de ingreso del paciente. (Ingreso por puerta posterior).

Ingreso del paciente caminando debido a que se tratan de canes de 25 a 50 kg aproximadamente. Se debe adecuar una base para la permanencia del especialista dentro de la cabina con el fin de ayudar al can a realizar la terapia, si fuera necesario.

3. Tiempo de sesión. (Entre 10 y 30 minutos aproximadamente, desde el ingreso del can).

4. Tiempo y modo de funcionamiento de llenado y vaciado del líquido. (Modo de ingreso)

Se cuenta con un reservorio exterior que contiene la cantidad adecuada de agua que ingresa a la cabina de manera controlada a través de algunas entradas de agua ubicadas en los costados de la caminadora. Cuando se finaliza la terapia se realiza el vaciado a través de una sola salida ubicada en la parte inferior de la estructura. El tiempo de llenado y vaciado de agua no deber ser demasiado; se sugiere que sea menor a 10 minutos.

5. Condiciones para cuidar o proteger al paciente.

Como recomendación se plantea la adaptación de un soporte con un chaleco de apoyo para ayudar al can a ejercer la caminata.

6. Condiciones para evitar el estrés del paciente durante la sesión.

Acompañamiento del cuidador del can en todo momento, masajes de relajación y estimulación.

7. Condiciones para el uso del especialista.

Condiciones adecuadas para el especialista durante el uso del equipo; maniobras de uso cómodas, control de funciones y manejo del can apropiados.

8. Ubicación de los mandos y pantalla. (Botonera o táctil)

El control de funciones del equipo se debe realizar por medio de una pantalla táctil que incorpore una interfaz gráfica de interacción con el especialista para ejecutar las tareas principales. Adicionalmente, se deben incorporar pulsadores de encendido/apagado y un paro de emergencia por motivos de seguridad.

9. Visibilidad de condiciones. (Velocidad, temperatura)

El monitoreo de las variables requeridas en el sistema se visualiza a través de la misma interfaz gráfica de interacción con el especialista.

10. Recomendaciones adicionales.

Funcionamiento, control de opciones y supervisión del proceso óptimos

7.1.3 Sección C

CARTA DE CONSENTIMIENTO PARA SER FOTOGRAFIADO O GRABADO EN VIDEO Y/O AUDIO

En atención a las leyes de protección de datos, se tiene la obligación de recolectar su consentimiento de forma expresa, por lo que, para participar de manera consciente, queda *informada o informado* que:

Los datos de carácter personal que facilite serán resguardados por la coordinación del proyecto "*Caminadora subacuática para hidroterapia en canes de razas grandes*". Sus datos se obtienen para participar en este proyecto, cuya finalidad es determinar características y requerimientos para el diseño y construcción de este sistema fisiátrico veterinario.

Asimismo, consiente en la cesión gratuita a favor de este proyecto los derechos de imagen y voz, explotación del vídeo remitido y, en particular, de los derechos de reproducción, distribución, comunicación pública (incluida la difusión y transformación a través de Internet), para su difusión en todos los medios y soportes que este proyecto estime oportunos. Bajo ningún concepto se comercializarán, y en todo caso se distribuirán de manera gratuita y con objetivos divulgativos de las acciones del proyecto.

Esta cesión permitirá exhibir, en su caso, el material proporcionado (fotografía, audio y/o vídeo) y siempre en el contexto de este proyecto. Asimismo, el abajo firmante garantiza que es el titular legítimo de todos los derechos de imagen y que ha obtenido todos los derechos en su caso sobre aquellos contenidos e imágenes con titularidad de terceros.

También he de informarle que puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición en relación con el tratamiento de sus datos mediante comunicación escrita enviando un mensaje de correo electrónico al destinatario yxcaspir@utn.edu.ec o esyamberalai@utn.edu.ec. El hecho de remitir el vídeo implica el reconocimiento que la información y los datos personales que indica son suyos, exactos y ciertos.

Al firmar este formulario de consentimiento, yo Mónica Rowenath Charlang García autorizo a **Yandry Xavier Caspi Rios** y **Erick Santiago Yamberla Inzuasti** a usar fotografías / videos / grabaciones sin previo aviso y sin aprobación expresa. He leído este formulario de consentimiento con atención y comprendo plenamente su significado e implicaciones.

Firma



Fecha

26/09/2022

CARTA DE CONSENTIMIENTO PARA SER FOTOGRAFIADO O GRABADO EN VIDEO Y/O AUDIO

En atención a las leyes de protección de datos, se tiene la obligación de recolectar su consentimiento de forma expresa, por lo que, para participar de manera consciente, queda *informada o informado* que:

Los datos de carácter personal que facilite serán resguardados por la coordinación del proyecto "*Caminadora subacuática para hidroterapia en canes de razas grandes*". Sus datos se obtienen para participar en este proyecto, cuya finalidad es determinar características y requerimientos para el diseño y construcción de este sistema fisiátrico veterinario.

Asimismo, consiente en la cesión gratuita a favor de este proyecto los derechos de imagen y voz, explotación del video remitido y, en particular, de los derechos de reproducción, distribución, comunicación pública (incluida la difusión y transformación a través de Internet), para su difusión en todos los medios y soportes que este proyecto estime oportunos. Bajo ningún concepto se comercializarán, y en todo caso se distribuirán de manera gratuita y con objetivos divulgativos de las acciones del proyecto.

Esta cesión permitirá exhibir, en su caso, el material proporcionado (fotografía, audio y/o video) y siempre en el contexto de este proyecto. Asimismo, el abajo firmante garantiza que es el titular legítimo de todos los derechos de imagen y que ha obtenido todos los derechos en su caso sobre aquellos contenidos e imágenes con titularidad de terceros.

También he de informarle que puede ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición en relación con el tratamiento de sus datos mediante comunicación escrita enviando un mensaje de correo electrónico al destinatario vxcaspir@utn.edu.ec o esyamberlai@utn.edu.ec. El hecho de remitir el video implica el reconocimiento que la información y los datos personales que indica son suyos, exactos y ciertos.

Al firmar este formulario de consentimiento, yo Yandry Xavier Caspi Rios y Erick Santiago Yamberla Inzuasti autorizo a **Yandry Xavier Caspi Rios y Erick Santiago Yamberla Inzuasti** a usar fotografías / videos / grabaciones sin previo aviso y sin aprobación expresa. He leído este formulario de consentimiento con atención y comprendo plenamente su significado e implicaciones.

M.V.Z. Jeffrey Inzuasti
Reg. S. 1040-14-292374

Firma

25-08-22

Fecha

7.2 Anexo 2

ANEXO DE MANUAL USUARIO

7.3 Anexo 3

Norma: AISI 201**Aplicaciones:**

Utensillos con embuticiones extra profundas, Cocinado a presión, Línea de cocina, Artículos para calentar alimentos, Dispensadores de bebidas y equipos para fabricación de hielos, Bombos de lavadoras, Lavavajillas, fregaderos, entre otros.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0.15	1	5.5 – 7.5	0.06	0.03	3.5 – 5.5	16 – 18		N: 0.25 Max

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg / mm ²	Psi	Kg / mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
65	93000	25	35800	40	92	205

PLANCHAS ACERO INOXIDABLE										
Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICIÓN QUÍMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenítico	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1	5,50 ~ 7,50	0,06	0,03	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1	7,50 ~ 10,00	0,06	0,03	4,00 ~ 6,00

EJES ACERO INOXIDABLE

Especificaciones Generales:

Norma: AISI 304

Descripción: Acero Inoxidable austenítico al cromo-níquel con bajo contenido de carbono. Resiste a la corrosión intercrystalina hasta 300 C. Resiste al efecto corrosivo del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como de soluciones alcalinas, si se emplea con la superficie pulida espejo.

Aplicaciones: Industrias alimenticias, cervecera, azucarera, utensillos domésticos, industria del cuero, farmacéutica, dental, etc...

Largo: 6 mts



COMPOSICIÓN QUÍMICA

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
0 - 0,08	0 - 1	0 - 2	0 - 0,045	0 - 0,03	8 - 10.5	18 - 20

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
520	220	20	249 - 278

DIMENSIONES

DIÁMETRO

3/16"
1/4"
5/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
1"
1-1/4"
1-1/2"
2"
2-1/2"
3"
3-1/2"
4"
5"
6"

EJES

PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales:

ESPEORES	desde 0.40-15mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	DIN	4301



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)

C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS

RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 201

Especificaciones Generales:

ESPEORES	desde 0.70-3mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 201
	ASTM	201
	DIN	XXX



Es un acero al cromo, manganeso, níquel con excelentes propiedades de tensión. Ofrece buena resistencia a la corrosión y a muchos agentes corrosivos moderados.

PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 201

Aplicaciones: Utensillos con embuticiones extra profundas, Cocinado a presión, Línea de cocina, Artículos para calentar alimentos, Dispensadores de bebidas y equipos para fabricación de hielos, Bombos de lavadoras, Lavavajillas, fregaderos, entre otros.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0.15	1	5.5 - 7.5	0.06	0.03	3.5 - 5.5	16 - 18		N: 0.25 Max

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
65	93000	25	35800	40	92	205

Norma: AISI 430

Especificaciones Generales:

ESPEORES	Acabado 2B: 0.4; 0.6; 0.7; 1; 1.5mm
	Acabado N4: 0.4; 0.6; 0.7; 1; 1.5mm

DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS430
	ASTM	430
	DIN	4016



Estos aceros inoxidable de la serie 400 AISI (American Iron Steel Institute) mantienen una estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión. Sus características son: Resistencia a la corrosión de moderada a buena. Endurecidos moderadamente por trabajo en frío. Son magnéticos, su soldabilidad es pobre. Acabados 2B y N4.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,12	0,75	1	0,04	0,03	0,6	16 - 18	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
46	65800	22	30000	40	78	150

TUBO REDONDO ACERO INOXIDABLE



Especificaciones Generales:

Calidad:	AISI 304
Largo normal:	6,00 m
Dimensiones:	Desde 1 o 2"
Espesor:	1,2mm, 1,5mm y 2mm



Nomenclatura

A= Área de selección transversal del tubo, (Plg²).
e= Espesor (mm)



DIMENSIONES		PROPIEDADES		
DIÁMETRO Ø		ESPESOR (e)	PESO	ÁREA SECCIÓN
Plg.	mm	mm	Kg/mts	Plg ²
1"	25.4	1.2	0.7235	0.1414
1"	25.4	1.5	0.8391	0.1745
1"	24.4	2	1.1659	0.2278
1 1/4"	31.75	1.2	0.9148	0.1785
1 1/4"	31.75	1.5	1.1323	0.2209
1 1/2"	38.1	1.5	1.3677	0.2673
1 1/2"	38.1	1.2	1.1031	0.2156
2"	50.8	1.2	1.4828	0.2898
2"	50.8	1.5	1.8423	0.3600
2"	50.8	2	2.4315	0.4752

*Otros largos previa consulta

Anexo 4

VIDRIO TEMPLADO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El vidrio templado es aquel cuya resistencia es cuatro veces más que un vidrio reconocido del mismo espesor y configuración. Cuando se rompe por impacto, el vidrio templado se fractura en pequeños fragmentos que satisfacen los requisitos del vidrioado de seguridad, reduciendo así de manera significativa la posibilidad de lesiones graves cortantes o punzantes a el vidrio recocido crudo. El vidrio templado esta previsto para utilizarse en aplicaciones en donde se puede requerir características de seguridad o resistencia. Por ejemplo puertas para corredores, baños, divisiones de baño y vidrio fijado cercano a superficies de alto trafico, se requiere vidrio templado según los reglamentos y códigos de construcción. Este se utiliza con frecuencia para otras aplicaciones en donde las propiedades del vidrio templado son deseables, por ejemplo tapas para mesas, tapa para mostradores, y aplicaciones similares.



**VIDRIO
TEMPLADO**

**VIDRIO CRUDO
O CONVENCIONAL**

CATEGORIAS

Vidrio Templado FT

El vidrio templado es aproximadamente cuatro veces más resistente que el vidrio recocido del mismo espesor y configuración, cuando se rompe, por impacto, el vidrio templado se fractura en trozos relativamente pequeños que satisfacen los requisitos del vidrioado de seguridad, reduciendo de manera significativa la posibilidad de lesiones graves cortantes o punzantes en comparación con un vidrio recocido común.

Vidrio Termoendurecido

El vidrio termoendurecido es dos veces mas resistente que el vidrio recocido del mismo espesor y configuración, Cuando se rompe, los fragmentos generalmente son similares a los del vidrio recocido. El vidrio termoendurecido se considera de seguridad cuando se presenta laminado. El vidrio categoria HS con espesor de 6mm (1/4in) y menor debe de tener una compresión superficial entre 24 MPa (3500 y 7500 psi). Para validar el termo endurecido de un vidrio utilice el ensayo de compresión superficial mediante un polariscopio.

	TEMPLADO	TERMOENDURECIDO
Resistencia al impacto respecto al vidrio crudo	4 veces mas igual [1]	2 veces mas Igual
Flexión respecto al vidrio crudo	Pequeños Fragmentos Sin aristas cortantes	Pedazos grandes Sin aristas cortantes
Soporta cambios de temperatura de hasta	250°C	120°C
Presenta rotura espontanea	Si	No
Sobre vidrios reflectantes	Puede presentar distorsiones	No distorsiona
Se considera vidrio de seguridad	Si [2]	No

USO Y APLICACIONES

Superficies vidriadas en donde el vidrio cumple con las características estructurales tales como flexión que aporta rigidez y seguridad ante el impacto humano haciéndolo ideal para fachadas interiores y exteriores (locales comerciales y accesos de edificios) barandas, divisiones de baño y de oficina entre otros. Con un diferencial térmico alto, tales como fachadas en climas cálidos con sombras de otros edificios o zonas de chimeneas.

NORMAS APLICABLES

NTC 1909 Vidrio plano flotado. Vidrio plano impreso (grabado). Vidrio plano armado (alambrado). Adopción modificada de la ASTM C 1036-06

NTC 1578 Vidrio de seguridad utilizados en construcciones. Especificaciones y métodos de ensayo equivalente a ANSI Z 97. 1:2009

NTC5756 Vidrio plano con calor. Categoría termoendurecido (HS), categoría templado (FT) con y sin recubrimiento. Adopción modificada de la ASTM C 1048:2004

NSR 10 Reglamento Colombiano de construcción sismo resistencia NSR 10





DATOS TECNICOS

RESISTENCIA MECANICA

La resistencia de un vidrio depende de varios factores, forma de apoyo, cantidad de lados que están soportados, espesor, tipo de aplicación (interior o exterior), dimensiones, lugar en el que se va a utilizar, altura a la que se va a instalar etc... Todos estos factores forma de cálculo y resistencia de los vidrios están consignados en la NSR 10

CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS CONVENCIONALES PARA PRODUCTOS DE BASE VITREA

CARACTERÍSTICAS	SIMBOLO	VALOR NUMÉRICO Y UNIDAD
Densidad (a 18°C)	ρ	2500Kg/m ³
Dureza		6 unidades (escala de Mohs)
Modulo de Young (modulo de elasticidad)	E	7 x 10 ¹⁰ Pa
Índice de poisson	μ	0,2
Calor específico	c	0,72 x 10 ³ J/ (KG*K)
Coefficiente medio de dilatación lineal entre 20°C y 300°C	α	9 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Conductividad térmica	λ	1 W/ (m*K)
Índice de refracción medio en el espectro visible	n	1,5

RESISTENCIA TERMICA

Las características mecánicas del vidrio templado permanecen inalteradas en condiciones continuas hasta 250°C y no son afectadas en temperaturas debajo de 0°C.

El Vidrio templado soporta gradientes y variaciones bruscas de temperatura hasta de 200

PROPIEDADES OPTICAS

COLOR	ESPESOR m.m	Visible Light		Solar Energy (Direct)		Winter		
		% T	% Reflectance		% T	Reflect % Out	U - Factor	U - Factor
			Indoor	Outdoor			Night - Time	Sumer - Time
BRONCE	2	77	7	7	76	7	1,05	0,95
	3	70	1	1	67	6	1,04	0,94
	4	64	6	6	62	6	1,04	0,94
	5	60	6	6	57	6	1,03	0,93
	6	55	6	6	52	6	1,03	0,93
	8	46	5	5	43	5	1,01	0,92
GRIS	10	40	5	5	37	5	1,01	0,91
	2	72	7	7	74	7	1,05	0,95
	3	63	6	6	66	6	1,04	0,94
	4	56	6	6	60	6	1,04	0,94
	5	51	6	6	55	6	1,03	0,93
	6	45	5	5	50	5	1,03	0,93
CLARO	8	35	5	5	41	5	1,01	0,92
	10	29	5	5	34	5	1,01	0,91
	2	91	8	8	88	8	1,05	0,95
	3	90	8	8	85	8	1,04	0,94
	4	90	8	8	84	8	1,04	0,94
	5	90	8	8	82	8	1,03	0,93
	6	89	8	8	80	7	1,03	0,93
	8	88	8	8	77	7	1,01	0,92
	10	88	8	8	75	7	1,01	0,91



TOLERANCIAS

Dimensiones: Las tolerancias de longitud y ancho de los vidrios templados deben estar acorde a la siguiente tabla, las medidas se deben tomar de borde a borde.

Espesor del vidrio mm (in)	Tolerancia de longitud y ancho del producto terminado más o menos mm (in)
3,0 (1/8)	1,6. (1/16)
4,0 (5/32)	1,6 (1/16)
5,0 (3/16)	1,6 (1/16)
6,0 (1/4)	1,6 (1/6)
8,0 (5/16)	2,0 (5/64)
10,0 (3/8)	2,4 (3/32)
12,0 (1/2)	3,2 (1/8)
16,0 (5/8)	4,0 (5/32)
19,0 (3/4)	4,8 (3/16)

Tomado de la NTC 5756

RESTRICCIONES

Rayas: El defecto debe ser observable con el vidrio en posición vertical y luz ambiente. Las rayas que solo se pueden observar a una distancia (d) menor o igual a un metro ($d \leq 1m$) son consideradas tipo tenue o ligera. Las que se observan a entre uno y tres metros ($1m < d < 3m$) se clasifican como tipo media y las observadas a mas de tres metros ($d \geq 3m$) se clasifican como tipo alta.

TIPO	TAMAÑO	CRITERIO
Tenue		Permitido
Ligera		Permitido
Media	$\leq 75mm$	Permitido con separación mínima de 600
	$> 75mm$	No Permitido
Alta	$\leq 75mm$	No Permitido
	$< 75mm$	No Permitido

Tomado de la NTC 1909

Burbujas: y defectos puntuales: Para detectar el defecto este debe ser observable a una distancia mínima de un (1) metro. Una vez destacado, se debe determinar su tamaño mediante la medición de la longitud máxima y el ancho perpendicular del defecto y calculando el promedio de las dos dimensiones.

TAMAÑO	CRITERIO
$< 0,50$	Permitido
$> 0,50 < 0,60$	Permitido
$> 0,60 < 1,20$	Permitido
$> 1,20 < 1,50$	Permitido con separación mínima de 600 mm
$> 1,50 < 2,00$	Permitido con separación mínima de 600 mm
$> 2,00 < 2,50$	No se Permitido
$> 2,50$	No se Permitido

Tomado de la NTC 1909

Arco (Pandeo): Coloque el vidrio de muestra en posición vertical autoportable con el borde más largo descansando sobre los dos bloques ubicados a un $\frac{1}{4}$ de la longitud desde cada extremo. Con el laminado en esta posición, coloque un elemento recto a través de la superficie cóncava, paralela al borde y a una distancia máxima 2.54mm (1in) de el y mida la desviación máxima con el calibrador de cinta o de ahusamiento (Taper of feeler gage). También se puede utilizar un indicador del día.



Espesor del vidrio mm	DIMENSIÓN DEL BORDE cm											
	0-50	> 50-90	> 90-120	> 120-150	> 150-180	> 180-210	> 210-240	> 240-270	> 270-300	> 300-330	> 330-370	> 370-400
4	3,0	4,0	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0	17,0	19,0	-----	-----	-----
5	3,0	4,0	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0	17,0	19,0	-----	-----	-----
6	2,0	3,0	4,0	5,0	7,0	9,0	12,0	14,0	17,0	19,0	21,0	24,0
8	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	13,0	15,0	18,0	20,0
10	2,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	9,0	12,0	14,0	17,0	19,0
12-22	1,0	1,0	2,0	2,0	4,0	5,0	5,0	7,0	10,0	12,0	14,0	17,0



RESTRICCIONES DEL PROCESO

Nota: VITELSA elabora vidrios fuera de estas medidas por solicitud del cliente, en estos casos que las medidas están fuera de los rangos aquí especificados, VITELSA no asume garantía por pandeo.

Tolerancia de Maquinados: Para el caso de vidrios que en el pedido del cliente especifiquen maquinados (Perforaciones boquetes, etc) la tolerancia permisible será -0mm +2mm.

Tolerancia ubicación de maquinados: Para el caso de vidrios que en el periodo del cliente especifiquen maquinados (Perforaciones, boquetes etc) la tolerancia permisible para la ubicación de los maquinados será ± 2 mm.

Para formatos grandes verificar la tabla de arco o pandeo anexa según la NTC5756.

Espesor	Medida Mínima de Templable	Medida Máxima de Templable
4 m-5 mm	350*350 mm	1500*2400 mm
6 mm	350*350 mm	1800*2600 mm
8 mm-10 mm 12 mm	350*350 mm	2400*3000 mm

RESTRICCIONES DEL PRODUCTO

Se recomienda pulir los bordes de los vidrios de cualquier espesor para todas las dimensiones.

Para los maquinados (perforaciones, despuntes o boquetes) se debe de guiar por el instructivo.

Todo vidrio templado cuya relación de ancho altura sea inferior a 1/3 debe autorizarse por parte del cliente la posición presentación del pandeo. Todo vidrio templado puede llegar a presentar distorsión óptica de imagen, por la naturaleza del proceso mismo, sin embargo dicha distorsión no debe ser observable a un ángulo de observación superior o igual a 45°.

7.4 Anexo 5



BV/2 EX 8-0+S10 AS BK 2.5mm

Product information

Article number	01010398
Standard width	3000 mm
Maximum width	

Construction

Top face material	PVC
Surface structure	Treadmill
Coating thickness	0.9 mm
Colour	black
Bottom cover face	
Surface structure	Fabric
Colour	white
Tension member material	Polyester fabric
Number of fabric plies	2

Technical data

Total thickness	2.5 mm
Weight	2.6 kg/m ²
Force elongation at 1%	2 N/mm
Min. Pulley ϕ	40 mm
Friction coefficient of bottom face	0.3
Permissible temperature	-10° C/+80° C
Top face Hardness	80 ShA
Antistatic	✓

Technical data

Lateral stiffness	✓
Troughable	
Suitable for curves	
Food grade (FG)	
Anti-microbial (AM)	
Heat resistant (HR)	
Fray-less (FL)	
Flame-retardant (FR)	
Energy saving (ES)	✓
Noise development	Low noise
Belt support	Support slider bed

Joining Technical Info

Joint type	Finger over Finger
Upper platen Temp.	175 ° C
Lower platen Temp.	170 ° C
Curing time	4 min
Pressure	2 Bar